



**TUGAS AKHIR – RC09 1501**

**PERENCANAAN JETTY UNTUK KAPAL 12.000  
DWT MUATAN ASPAL DI KABUPATEN TUBAN**

TAUFIK HIDAYAT  
NRP. 3113 106 039

DOSEN PEMBIMBING I:  
Ir. Dyah Iriani Widyastuti, MSc

DOSEN PEMBIMBING II:  
Cahya Buana, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**FINAL PROJECT – RC09 1501**

**PLANING OF JETTY FOR ASPHALT CARGO  
VESSEL 12.000 DWT IN TUBAN DISTRICT**

**TAUFIK HIDAYAT**  
NRP. 3113 106 039

**COUNCELOR LECTURE I:**  
Ir. Dyah Iriani Widyastuti, MSc

**COUNCELOR LECTURE II:**  
Cahya Buana, ST., MT.

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

**PERENCANAAN JETTY UNTUK KAPAL 12.000 DWT  
MUATAN ASPAL DI KABUPATEN TUBAN**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada**

**Bidang Studi Transportasi (Pelabuhan)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :**

**TAUFIK HIDAYAT**

**Nrp. 3113 106 039**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :**

**Dosen Pembimbing I      Dosen Pembimbing II**



**(Ir. Dyah Iriani W., M.Sc.)      (Cahya Buana, ST, MT)**  
**NIP. 196112191986032002      NIP. 197209272006041001**

**SURABAYA, JULI 2016**

## **PERENCANAAN JETTY UNTUK KAPAL 12.000 DWT MUATAN ASPAL DI KABUPATEN TUBAN**

**Nama Mahasiswa** : Taufik Hidayat  
**NRP** : 3113106039  
**Jurusan** : S1-Lintas Jalur Teknik Sipil  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Dyah Iriani Widyastuti, MSc  
Cahya Buana, ST., MT.

### **Abstrak**

*Seiring dengan meningkatnya sarana transportasi di Indonesia, kebutuhan aspal sebagai material perkerasan jalan pun ikut meningkat. Kebutuhan permintaan aspal di Indonesia yang terus meningkat setiap tahunnya mencapai 1,2 juta ton dan akan terus meningkat dimasa mendatang. Sementara produksi aspal dalam negeri pertahunnya kurang lebih 400 ribu ton. Maka untuk memenuhi kebutuhan permintaan aspal dalam negeri, pemerintah mengimpor aspal langsung dari luar negeri.*

*Meningkatnya permintaan kebutuhan aspal dalam negeri sebagian besar terjadi di pulau Jawa, khususnya wilayah bagian timur dan tengah pulau Jawa. Permintaan aspal yang cukup besar tidak diimbangi dengan kapasitas dermaga selaku tempat yang menyediakan layanan awal pendistribusian aspal. Oleh karena itu, pemerintah berencana menambah kapasitas dermaga yang diperuntukkan sebagai pendistribusian aspal.*

*Perencanaan Jetty dibagi menjadi perencanaan layout perairan dan layout daratan. Hasil analisis perhitungan kebutuhan dari perencanaan jetty didapat enam Mooring Dolphin dengan dimensi 4m x 4m , dua Breasting Dolphin 6m x 6m,*

*Unloading Platform 26m x 12m, Trastle 24m x 4m dan tiga jenis Catwalk 12m,14m,16m.*

*Biaya yang diperlukan untuk pembangunan proyek Jetty Untuk Kapal 12.000 DWT Muatan Aspal Di Kabupaten Tuban sebesar Rp.29.225.000.000,00 (Dua puluh Sembilan milyar dua ratus dua puluh lima juta rupiah). Hasil yang telah dianalisa belum termasuk pekerjaan pengerukan.*

***Kata Kunci : Jetty, Aspal, 12.000 DWT, Kabupaten Tuban.***

## **PLANING OF JETTY FOR ASPHALT CARGO VESSEL 12.000 DWT IN TUBAN DISTRICT**

**Student Name** : Taufik Hidayat  
**Student Registry Number** : 3113106039  
**Major** : Civil Engineering FTSP-ITS  
**Supervisor** : Ir. Dyah Iriani Widyastuti, MSc  
Cahaya Buana, ST., MT.

### **Abstract**

*Along with the increase of transportation in Indonesia, asphalt as a road paving material increased, too. The demand of asphalt in Indonesia continues to increase each year to reach 1.2 million tons and will continue to increase in the future. While the production of asphalt in the country annually approximately 400 thousand tons. So, to meet the needs of the domestic demand for asphalt, bitumen is imported directly from abroad.*

*The increasing demand for asphalt in this country occurs mostly on Java, particularly the region of eastern and central parts of Java. The big demand of asphalt is not matched by the capacity of the pier as a place that provides the initial services for distribution of asphalt. Therefore, the government plans to increase the capacity of the pier which is applied as asphalt distribution.*

*Jetty plans are divided into water and land layout. The results of analysis of the planning requirement calculations are obtained : 6 Mooring Dolphins with dimensions of 4m x 4m, 2 breasting Dolphins 6m x 6m, Unloading Platform 26m x 12m,*

*Trastle with dimension 24m x 4m and three types Catwalk 12m, 14m, 16m.*

*The cost required for the construction of 12,000 DWT Jetty for asphalt cargo vessel in Tuban district is IDR.29.225.000.000,-(Twenty nine billion two hundred tewnty five million rupiahs). The calculation results are not contained the dredging works.*

***Key Word : Jetty, Asphalt, 12.000 DWT, Tuban District.***

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	
Abstrak .....	i
Abstract .....	iv
Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar .....	xi
Daftar Tabel .....	xv

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-3
1.3 Tujuan.....	I-3
1.4 Lingkup Bahasan.....	I-4
1.5 Batasan Masalah.....	I-6
1.6 Manfaat.....	I-6

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum .....	II-7
2.2. Data Lapangan.....	II-7
2.2.1 Data Bathymetri .....	II-7
2.2.2 Data Pasang Surut.....	II-8
2.2.3 Data Arus.....	II-10
2.2.1 Data Angin .....	II-10
2.2.2 Data Gelombang .....	II-11
2.2.3 Data Tanah.....	II-16
2.3. Kriteria Desain .....	II-16
2.3.1 Kapal Rencana .....	II-16
2.3.2 Kualitas Bahan.....	II-17
2.3.3 Perencanaan Pembebanan .....	II-17
2.4 Perencanaan Layout Perairan dan Daratan.....	II-29
2.4.1 Perencanaan Layout Perairan.....	II-29
2.4.2 Perencanaan Layout Daratan .....	II-32



2.5	Perencanaan Struktur Jetty .....	II-33
2.5.1	Perencanaan Struktur Atas .....	II-34
2.5.2	Perencanaan Struktur Bawah .....	II-40
2.5.2	Perencanaan Catwalk .....	II-46
2.6	Metode Pelaksanaan Struktur Jetty .....	II-48
2.7	Perhitungan Rencana Anggaran Biaya .....	II-48

### **BAB III DATA DAN ANALISIS DATA**

3.1	Umum .....	III-49
3.2	Data Bathymetri dan Analisis Data .....	III-49
3.3	Data Pasang Surut dan Analisis Data .....	III-51
3.4	Data Arus dan Analisis Data .....	III-52
3.5	Data Angin dan Analisis Data .....	III-52
3.6	Data Gelombang dan Analisis Data .....	III-55
3.7	Data Tanah dan Analisis Data .....	III-65

### **BAB IV KRITERIA DESAIN**

4.1	Peraturan yang Digunakan .....	IV-67
4.2	Kriteria Kapal Rencana .....	IV-68
4.3	Kualitas Bahan .....	IV-69
4.3.1	Beton .....	IV-69
4.3.2	Baja Tulangan .....	IV-69
4.3.3	Tiang Pancang .....	IV-70
4.3.4	Boulder .....	IV-71
4.3.5	Fender .....	IV-72
4.3.6	Catwalk .....	IV-76
4.4	Pembebanan .....	IV-77
4.4.1	Beban Gempa .....	IV-77
4.4.2	Beban Vertikal .....	IV-80
4.4.3	Beban Horizontal .....	IV-86
4.4.4	Pembebanan pada Mooring Dolphin .....	IV-90
4.4.5	Pembebanan pada Breasting Dolphin .....	IV-91
4.4.6	Pembebanan pada Unloading .....	IV-91
4.4.7	Pembebanan pada Trastle .....	IV-92
4.4.8	Pembebanan pada Catwalk .....	IV-93

4.5 Sistem bongkar muat .....	IV-93
-------------------------------	-------

## **BAB V PERENCANAAN LAYOUT PERAIRAN DAN DARATAN**

5.1 Umum .....	V-95
5.2 Perencanaan Layout Perairan .....	V-95
5.2.1 Areal Penjangkaran .....	V-95
5.2.2 Alur Masuk .....	V-96
5.2.3 Kolam Putar .....	V-96
5.2.4 Kolam Dermaga .....	V-97
5.3 Perencanaan Fasilitas Layout Daratan .....	V-100
5.4.1 Perencanaan <i>Mooring Dolphin</i> .....	V-100
5.4.2 Perencanaan <i>Breasting Dolphin</i> .....	V-101
5.4.3 Perencanaan <i>unloading Platform</i> .....	V-102
5.4.4 Perencanaan <i>Trestle</i> .....	V-102
5.4.5 Perencanaan <i>Catwalk</i> .....	V-102
5.4.6 Elevasi Dermaga .....	V-103

## **BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA**

6.1 Umum .....	VI-105
6.2 Perencanaan <i>Mooring Dolphin</i> .....	VI-105
6.2.1 Pemodelan <i>Mooring Dolphin</i> .....	VI-107
6.2.2 Perhitungan Poer (pile cap) .....	VI-110
6.2.3 Perhitungan Tiang Pancang .....	VI-115
6.3 Perhitungan <i>Breasting Dolphin</i> .....	VI-123
6.3.1 Pemodelan <i>Breasting Dolphin</i> .....	VI-125
6.3.2 Perhitungan Poer (pile cap) .....	VI-128
6.3.3 Perhitungan Tiang Pancang .....	VI-133
6.4 Perencanaan <i>Unloading Platform</i> .....	VI-141
6.4.1 Pemodelan <i>Unloading Platform</i> .....	VI-143
6.4.2 Perhitungan Pelat .....	VI-145
6.4.3 Perhitungan Balok .....	VI-162
6.4.4 Perhitungan Poer (pile cap) .....	VI-172
6.4.5 Perhitungan Tiang Pancang .....	VI-176

6.5	Perencanaan <i>Trestle</i> .....	VI-182
6.5.1	Pemodelan <i>Trastle</i> .....	VI-184
6.5.2	Perhitungan Pelat .....	VI-186
6.5.3	Perhitungan Balok .....	VI-206
6.5.4	Perhitungan Poer (pile cap) .....	VI-215
6.5.5	Perhitungan Tiang Pancang .....	VI-219
6.6	Perencanaan <i>Catwalk</i> .....	VI-225
6.6.1	Pemodelan <i>Catwalk</i> .....	VI-227
6.6.2	Kontrol struktur <i>Catwalk</i> .....	VI-228
6.6.3	Perhitungan Pilar .....	VI-248

## **BAB VII METODE PELAKSANAAN**

7.1	Umum.....	VII-251
7.2	Metode Pelaksanaan Jetty .....	VII-251
7.2.1	Tahap Persiapan .....	VII-251
7.2.2	Tahap Konstruksi .....	VII-253
7.2.3	Tahap Pasca Konstruksi.....	VII-259
7.3	Metode Pelaksanaan Catwalk .....	VII-260
7.3.1	Tahap Persiapan .....	VII-260
7.3.2	Tahap Konstruksi .....	VII-260
7.3.3	Tahap Pasca Konstruksi.....	VII-260

## **BAB VIII RENCANA ANGGARAN BIAYA**

8.1	Umum .....	VIII-261
8.2	Harga Material dan Upah.....	VIII-261
8.3	Anlisa Harga Satuan .....	VIII-263
8.4	Perhitungan Rencana Anggaran Biaya .....	VIII-266
8.5	Rekapitulasi Harga .....	VIII-271

## **BAB IX KESIMPULAN**

9.1	Umum .....	IX-272
9.2	Kesimpulan .....	IX-273

## Daftar Gambar

Gambar 1.1 Lokasi Pelabuhan Di Daerah Kabupaten Tuban ...	I-2
Gambar 1.2 Masterplan Pembangunan Jetty Muatan Aspal.....	I-2
Gambar 1.3 <i>Flowchart</i> .....	I-5
Gambar 2.1 Penggambaran Fetch .....	II-13
Gambar 2.2 Nomograms Menentukan Tinggi Gelombang ...	II-14
Gambar 2.3 Efek Defraksi .....	II-15
Gambar 2.4 Diagram Defraksi .....	II-15
Gambar 2.5 $S_{DS}$ Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko- tertarget( $MCE_R$ ), kelas situs SB.....	II-18
Gambar 2.6 $S_1$ Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko - tertarget( $MCE_R$ ), kelas situs SB.....	II-19
Gambar 2.7 Spektrum Respons Desain .....	II-21
Gambar 2.8 Jenis Berlabuh Dolphin Berths .....	II-25
Gambar 2.9 Kemungkinan kapal bersandar pada metoda sandar Dolphins Berths .....	II-26
Gambar 2.10 Ketentuan Perencanaan Jetty .....	II-33
Gambar 2.11 Pelat Tipe Jepit Penuh.....	II-34
Gambar 2.12 Penampang Pelat.....	II-35
Gambar 2.13 Letak dari Nilai-nilai N dalam Perhitungan $N_p$ .....	II-41
Gambar 3.1 Peta Bathymetri Pelabuhan di Kabupaten Tuban.....	III-50
Gambar 3.2 Peta Grafik Pasang Surut.....	III-51
Gambar 3.3 Diagram <i>Wind Rose</i> Tahun 2006 – 2015.....	III-53
Gambar 3.4 Panjang Fetch arah Barat.....	III-55
Gambar 3.5 Panjang Fetch arah Barat Laut.....	III-56
Gambar 3.6 Panjang Fetch arah Utara .....	III-56
Gambar 3.7 Panjang Fetch arah Timur Laut .....	III-57
Gambar 3.8 Panjang Fetch arah Timur .....	III-57
Gambar 3.9 Nomograms Tinggi Gelombang Signifikan .....	III-61
Gambar 3.10 Koordinat Posisi Jetty .....	III-64
Gambar 3.11 Diagram Defraksi Sudut $30^\circ$ .....	III-65
Gambar 3.12 Diagram Defraksi Sudut $45^\circ$ .....	III-65

Gambar 3.11 Nilai SPT Data Tanah Tuban BH.4 .....	III-66
Gambar 4.1 Kapal Tanker .....	IV-68
Gambar 4.2 Spesifikasi Tee Bollards .....	IV-71
Gambar 4.3 Dimensi Fender SCN 1000 .....	IV-73
Gambar 4.4 Spesifikasi Dimensi Baut .....	IV-74
Gambar 4.5 Desain Panel Fender SCN.....	IV-74
Gambar 4.6 Pelat I Bar grating.....	IV-76
Gambar 4.7 Marine Loading Arm B0030 .....	IV-82
Gambar 4.8 Tower Gangway Column (LX02).....	IV-83
Gambar 4.9 Fire Monitor Tower .....	IV-84
Gambar 4.10 Jib Crane .....	IV-85
Gambar 4.11 Grafik Berthing Velocity .....	IV-88
Gambar 4.12 Grafik Jari-jari girasi sebagai fungsi dari koefisien blok .....	IV-75
Gambar 5.1 Perencanaan Layout Perairan Pelabuhan Di Kabupaten Tuban, Jawa Timur.....	V-99
Gambar 5.2 Perencanaan Layout Jetty.....	V-100
Gambar 5.3 Layout Unloading Platform.....	V-102
Gambar 6.1 Layout Mooring Dolphin .....	VI-106
Gambar 6.2 Pemodelan Mooring Dolphin pada Program SAP 2000 .....	VI-107
Gambar 6.3 Pelat Terjepit Penuh.....	VI-109
Gambar 6.4 Grafik Daya Dukung Tanah .....	VI-116
Gambar 6.5 Layout Breasting Dolphin .....	VI-124
Gambar 6.6 Pemodelan Breasting Dolphin pada Program SAP 2000 .....	VI-125
Gambar 6.7 Pelat Terjepit Penuh.....	VI-127
Gambar 6.8 Grafik Daya Dukung Tanah .....	VI-134
Gambar 6.9 Layout Unloading Platform .....	VI-142
Gambar 6.10 Pemodelan Unloading Platform pada Program SAP 2000 .....	VI-143
Gambar 6.11 Denah Pelat Unloading Platform .....	VI-145
Gambar 6.12 Pelat Terjepit Penuh.....	VI-146

Gambar 6.13 Detail Pelat Tipe A .....	VI-147
Gambar 6.14 Pelat Terjepit Penuh .....	VI-148
Gambar 6.15 Detail Pelat Tipe B .....	VI-149
Gambar 6.16 Pelat Terjepit Penuh .....	VI-150
Gambar 6.17 Detail Pelat Tipe C .....	VI-151
Gambar 6.18 Pelat Terjepit Penuh .....	VI-152
Gambar 6.19 Detail Pelat Tipe D .....	VI-153
Gambar 6.20 Detail Penulangan Geser Balok .....	VI-171
Gambar 6.21 Detail Potongan Balok .....	VI-171
Gambar 6.22 Grafik Daya Dukung Tanah .....	VI-177
Gambar 6.23 Layout Trastle.....	VI-183
Gambar 6.24 Pemodelan Trastle pada Program SAP 2000	VI-184
Gambar 6.25 Denah Pelat Trestle .....	VI-186
Gambar 6.26 Pelat Terjepit Penuh .....	VI-188
Gambar 6.27 Detail Pelat Tipe A .....	VI-188
Gambar 6.28 Pelat Terjepit Penuh .....	VI-190
Gambar 6.29 Detail Pelat Tipe B .....	VI-190
Gambar 6.30 Pelat Terjepit Penuh .....	VI-192
Gambar 6.31 Detail Pelat Tipe C .....	VI-192
Gambar 6.32 Pelat Terjepit Penuh .....	VI-194
Gambar 6.33 Detail Pelat Tipe D .....	VI-194
Gambar 6.34 Detail Penulangan Geser Balok .....	VI-214
Gambar 6.35 Detail Potongan Balok .....	VI-214
Gambar 6.36 Grafik Daya Dukung Tanah .....	VI-220
Gambar 6.37 Layout Catwalk .....	VI-226
Gambar 6.38 Model Catwalk pada Program SAP 2000 .....	VI-227
Gambar 6.39 Pemodelan Pilar pada Program SAP 2000 ...	VI-245
Gambar 7.1 Direksi kit .....	VII-252
Gambar 7.2 Alur Pemancangan Mooring.....	VII-254
Gambar 7.3 Alur Pemancangan Breasting Dolphin .....	VII-254
Gambar 7.4 Alur Pemancangan Unloading Platform.....	VII-254
Gambar 7.5 Alur Pemancangan Trestel .....	VII-255

( *Halaman ini sengaja dikosongkan* )

## Daftar Tabel

Tabel 2.1 Tinggi Gelombang Kritis Di Pelabuhan .....	II-11
Tabel 2.2 Penabelan Fetch Efektif.....	II-12
Tabel 2.3 Dimensi Kapal Tanker .....	II-16
Tabel 2.4 Koefisien situs, $F_a$ .....	II-19
Tabel 2.5 Koefisien situs, $F_v$ .....	II-20
Tabel 2.6 Gaya Tarik Boulder .....	II-22
Tabel 2.7 Penempatan Boulder .....	II-23
Tabel 2.8 Factor Keamanan .....	II-27
Tabel 2.9 Kebutuhan Areal Penjangkaran.....	II-30
Tabel 2.10 Koefisien – Koefisien Perhitunngan Lebar Retak .....	II-36
Tabel 2.11 Nilai Base coefficient( $\alpha$ ) dan Shaft Coefficient( $\beta$ ).....	II-41
Tabel 3.1 Banyaknya Angin yang Terjadi.....	III-52
Tabel 3.2 Persentase Kejadian Angin .....	III-53
Tabel 3.3 Rekap Kecepatan Angin MaksimumArah Utara..	III-54
Tabel 3.4 Rekap Kecepatan Angin MaksimumArah Timur ..	III-54
Tabel 3.5 Perhitungan Panjang Fetch Efektif.....	III-60
Tabel 4.1 Spesifikasi Kapal Tanker 12.000 DWT .....	IV-68
Tabel 4.2 Rate Performance Data .....	IV-72
Tabel 4.3 Dimensi Fender SCN 700 .....	IV-73
Tabel 4.4 Tekanan Kontak Ijin .....	IV-75
Tabel 4.5 Dimensi Marine Loading Arm B0030 .....	IV-80
Tabel 4.6 Spesifikasi Pipa .....	IV-81
Tabel 4.7 Spesifikasi Tower Gangway .....	IV-82
Tabel 4.8 Spesifikasi Jib Crane .....	IV-85
Tabel 4.9 Gaya Tambat yang Menentukan.....	IV-87
Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Kebutuhan Fasilitas Perairan ...	V-98
Tabel 5.2 Rekap Perencanaan Layout Darat .....	V-103
Tabel 6.1 Output Gaya – Gaya Dalam Mooring Dolphin ..	VI-108
Tabel 6.2 Nilai $x$ dengan $\beta = 1$ .....	VI-109
Tabel 6.3 Rekap Penulangan Poer pada Breasting Dolphin ..	VI-114
Tabel 6.4 Output Gaya – Gaya Dalam Mooring Dolphin ..	VI-126



Tabel 6.5 Nilai x dengan $\beta=1$ .....	VI-127
Tabel 6.6 Rekap Penulangan Poer pada Breasting Dolphin	VI-132
Tabel 6.7 Output Gaya – Gaya Dalam Unloading Platform	VI-144
Tabel 6.8 Nilai x dengan $\beta=1,25$ .....	VI-147
Tabel 6.9 Nilai x dengan $\beta=7,33$ .....	VI-149
Tabel 6.10 Nilai x dengan $\beta=7,33$ .....	VI-151
Tabel 6.11 Nilai x dengan $\beta=1$ .....	VI-153
Tabel 6.12 Rekap Penulangan Pelat pada Unloading .....	VI-161
Tabel 6.13 Rekap Penulangan Balok pada Unloading .....	VI-170
Tabel 6.14 Rekap Penulangan Poer pada Unloading .....	VI-175
Tabel 6.15 Output Gaya – Gaya Dalam Trastle .....	VI-185
Tabel 6.16 Nilai x dengan $\beta=3,941$ .....	VI-189
Tabel 6.17 Nilai x dengan $\beta=1,259$ .....	VI-191
Tabel 6.18 Nilai x dengan $\beta=7,882$ .....	VI-193
Tabel 6.19 Nilai x dengan $\beta=1,714$ .....	VI-195
Tabel 6.20 Rekap Penulangan Pelat pada Trastle.....	VI-195
Tabel 6.21 Rekap Penulangan Balok pada Trastle .....	VI-213
Tabel 6.22 Rekap Penulangan Poer pada Trastle .....	VI-219
Tabel 6.23 Output Gaya – Gaya Dalam Catwalk 1,2,3.....	VI-228
Tabel 6.26 Output Gaya – Gaya Dalam Pilar.....	VI-245
Tabel 6.27 Rekap Penulangan Pilar.....	VI-249
Tabel 8.1 Daftar Upah Pekerja .....	VIII-261
Tabel 8.2 Daftar Harga Material dan Bahan .....	VIII-262
Tabel 8.3 Daftar Harga Sewa Peralatan.....	VIII-263
Tabel 8.4 Analisa Harga Satuan Permen Hub No 78.....	VIII-263
Tabel 8.5 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Persiapan	VIII-266
Tabel 8.6 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Mooring .	VIII-267
Tabel 8.7 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Breasting	VIII-267
Tabel 8.8 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Unloading	VIII-268
Tabel 8.9 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Trastle....	VIII-269
Tabel 8.10 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Catwalk	VIII-270
Tabel 8.11 Rekapitulasi Harga Pembangunan Jetty .....	VIII-271

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Seiring dengan meningkatnya sarana transportasi di Indonesia, kebutuhan aspal sebagai material perkerasan jalan pun ikut meningkat. Kebutuhan permintaan aspal di Indonesia yang terus meningkat setiap tahunnya mencapai 1,2 juta ton dan akan terus meningkat dimasa mendatang. Sementara produksi aspal dalam negeri pertahunnya kurang lebih 400 ribu ton. Maka untuk memenuhi kebutuhan permintaan aspal dalam negeri, pemerintah mengimpor aspal langsung dari luar negeri.

Meningkatnya permintaan kebutuhan aspal dalam negeri sebagian besar terjadi di pulau Jawa, khususnya wilayah bagian timur dan tengah pulau Jawa. Permintaan aspal yang cukup besar tidak diimbangi dengan kapasitas dermaga selaku tempat yang menyediakan layanan awal pendistribusian aspal. Oleh karena itu, pemerintah berencana menambah kapasitas dermaga yang diperuntukkan sebagai pendistribusian aspal.

Dengan pembangunan dermaga tipe jetty khusus muatan aspal ini diharapkan dapat dimanfaatkan secara maksimal sesuai fungsinya. sehingga kebutuhan aspal untuk wilayah bagian timur dan tengah pulau Jawa terpenuhi.

Rencana pembangunan dermaga berada di desa Remen – Tasikharjo, Jenu, kabupaten Tuban Jawa Timur. Lokasi ini berada pada koordinat 6°45' 37" S dan 111°57'00" E (Gambar 1.1). pemilihan lokasi ini berdasarkan atas kondisi wilayah yang strategis dekat dengan wilayah yang akan di distribusikan yaitu Jawa Tengah dan Jawa Timur. Dermaga ini direncanakan dapat di labuh oleh kapal dengan kapasitas 12.000 DWT. Gambar *masterplan* perencanaan dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1. 1 Lokasi Pelabuhan Di Daerah Kabupaten Tuban, Jawa Timur



Gambar 1. 2 Masterplan Pembangunan Jetty Muatan Aspal

## 1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang ingin diselesaikan dalam tugas akhir ini ialah kurangnya kapasitas dermaga yang diperuntukkan sebagai pendistribusian aspal untuk Jawa Tengah dan Jawa Timur, sehingga diperlukannya perencanaan *jetty* khusus muatan aspal di kabupaten Tuban untuk menabahnya kapasitas dermaga yang diperuntukkan sebagai pendistribusian aspal. Adapun detail permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut:

- a. Bagaimana layout rencana pembangunan *jetty* muatan aspal untuk kapal 12.000 DWT di Kabupaten Tuban?
- b. Bagaimana detail struktur rencana yang sesuai untuk *jetty* muatan aspal untuk kapal 12.000 DWT di Kabupaten Tuban?
- c. Metode kerja apa yang akan digunakan dalam pembangunan *jetty* muatan aspal untuk kapal 12.000 DWT di Kabupaten Tuban ?
- d. Berapa Anggaran Biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan *jetty* muatan aspal untuk kapal 12.000 DWT di Kabupaten Tuban ?

## 1.3. Tujuan

Sedangkan tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini meliputi :

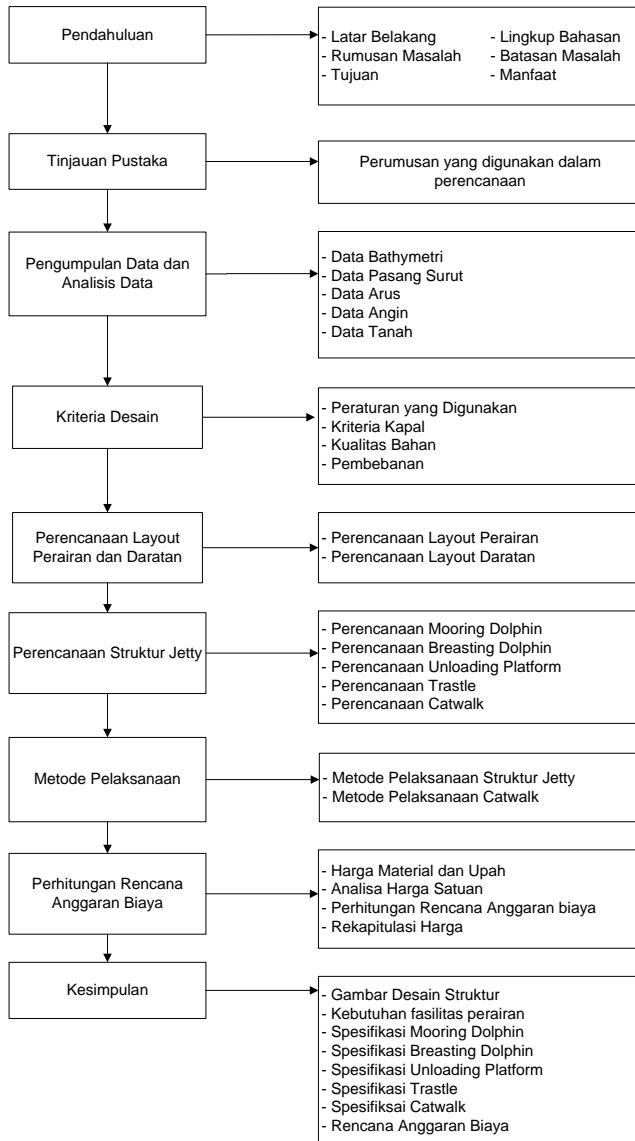
- a. Merencanakan layout perairan dan daratan.
- b. Menggambar detail struktur.
- c. Merencanakan metode pelaksanaan struktur *jetty*.
- d. Menghitung rencana anggaran biaya.

#### 1.4. Lingkup Bahasan

Adapun lingkup bahasan yang harus dikerjakan, meliputi sebagai berikut :

- a. Pengumpulan dan analisis data
- b. Kriteria desain
- c. Perencanaan layout perairan dan daratan
- d. Perencanaan *Mooring Dolphin*
- e. Perencanaan *Breasting Dolphin*
- f. Perencanaan *Unloading Platform*
- g. Perencanaan *Trastle*
- h. Perencanaan *Catwalk*
- i. Merencanakan metode pelaksanaan yang sesuai dalam pembangunan struktur *jetty*.
- j. Menghitung harga dari yang ada dari pembangunan *jetty*.

Berikut gambar *Flowchart* yang dapat dilihat pada gambar 1.3



Gambar 1.3 *Flowchart*

### **1.5. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari tugas akhir ini agar dalam analisa rumusan masalah tidak melebar, batasan tersebut meliputi :

- a. Tidak melakukan pengukuran lapangan dan data yang digunakan adalah data sekunder.
- b. Tidak mengevaluasi *breakwater*.
- c. Tidak menghitung pengerukan tanah

### **1.6. Manfaat**

Manfaat yang didapat dari tugas akhir ini adalah Sebagai referensi dan sarana pembelajaran bagi pembaca dalam merencanakan jetty muatan aspal.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Dalam bab tinjauan pustaka ini menjelaskan mengenai dasar teori, konsep dan perumusan yang dipakai dalam tugas akhir ini untuk menyelesaikan permasalahan.

#### **2.2. Data Lapangan dan Analisis**

Dalam perencanaan pelabuhan ada beberapa faktor yang harus diperhatikan yang akan berpengaruh pada bangunan - bangunan dan kapal - kapal yang berlabuh yaitu sebagai berikut:

##### **2.2.1. Peta Bathymetri**

Peta bathymetri merupakan peta yang menunjukkan kontur kedalaman dasar laut diukur dari posisi 0,00 m LWS. Pembuatan peta bathymetri dibuat dengan metode pengindraan atau rekaman dari permukaan dasar perairan yang diolah untuk menghasilkan relief dasar perairan, sehingga dapat digambarkan susunan dari garis – garis kedalaman (kontur).

Kegunaan dari peta bathymetri antara lain:

- a. Mengetahui kedalaman perairan dan kontur dasar laut sehingga dapat digunakan untuk merencanakan kedalaman perairan yang aman bagi kapal.
- b. Mengetahui tingkat kelandaian dasar laut sehingga dapat digunakan penentuan tipe dermaga yang sesuai.
- c. Satuan dari dasar perairan dikonversikan dalam keadaan surut terendah atau LWS (Low Water Surface).



### 2.2.2. Pasang Surut

Pasang Surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya Tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jarak bulan lebih dekat dengan bumi, maka dari itu pengaruh gaya Tarik bulan terhadap bumi lebih besar dari pada pengaruh gaya Tarik matahari terhadap bumi.

Pengetahuan pasang surut sangat penting didalam perencanaan dermaga. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan elevasi muka air terendah (surut) sangatlah penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pelabuhan. Sebagai contoh, bangunan pemecah gelombang, dermaga dan sebagainya. Ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sedangkan kedalaman alur pelayaran/pelabuhan ditentukan oleh elevasi muka air surut.

Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berturutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pada mana muka air naik disebut pasang, sedang pada saat air turun disebut surut.

#### a. Tipe pasang surut

Bentuk pasang surut diberbagai daerah tidak sama. Disuatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut dibedakan dalam empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), Harian ganda (*semi diurnal tide*) dan dua jenis campuran.

- Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.

- Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 25 menit.

- Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing semidiurnal*)

Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang - kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

- Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi dengan tinggi dan periode yang berbeda.

#### b. Definisi elevasi muka air

Elevasi muka air laut yang selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut yang digunakan sebagai pedoman didalam perencanaan pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut sabagai berikut :

- Muka air tinggi (*high water spring* atau HWS), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- Muka air rendah (*low water spring* atau LWS), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
- Muka air laut rerata (*mean sea level, MSL*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata.

Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi daratan. Beda pasang surut diperoleh dari selisih muka air tertinggi dikurang muka air terendah.

### 2.2.3. Arus

Pada umumnya arus terjadi disepanjang pantai disebabkan oleh perbedaan muka air pasang antar satu lokasi dengan lokasi yang lain, sehingga perilaku arus dipengaruhi pola pasang surut. Arus terjadi akibat adanya perubahan ketinggian permukaan air laut. Perubahan tersebut akan menyebabkan pergerakan air secara horisontal.

Kegunaan data arus pada perencanaan pelabuhan antara lain:

- Menghindari pengaruh tekanan arus yang arahnya tegak lurus kapal (*Cross currents*), agar kapal tidak terbalik
- Mengevaluasi kondisi stabilitas garis pantai, mengalami erosi atau sedimentasi.

### 2.2.4. Angin

Sirkulasi udara yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi disebut angin. Gerakan udara ini disebabkan oleh perubahan temperatur atmosfer. Pada waktu udara dipanasi, rapat massanya berkurang, yang berakibat naiknya udara tersebut yang kemudian diganti oleh udara yang lebih dingin disekitarnya. Perubahan temperatur di atmosfer disebabkan oleh perbedaan penyerapan panas oleh tanah dan air, atau perbedaan panas di gunung dan lembah, atau perubahan yang disebabkan siang dan malam, atau perbedaan suhu pada belahan bumi bagian utara dan selatan karena adanya perbedaan musim dingin dan panas. Daratan lebih cepat menerima panas dari pada air (laut) dan sebaliknya daratan juga lebih cepat melepas panas. Oleh karena itu pada waktu siang hari daratan lebih panas dari pada laut. Udara diatas daratan akan naik dan diganti oleh udara dari laut, sehingga terjadi angin laut. Sebaliknya, pada waktu malam hari daratan lebih dingin dari pada laut, udara diatas laut akan naik dan diganti oleh udara dari daratan sehingga terjadi angin darat.

Dengan pencatatan angin jam-jaman akan dapat diketahui angin dengan kecepatan maksimum, arah angin, dan dapat pula dihitung kecepatan angin rerat harian. Didalam peramalan

gelombang diperlukan data kecepatan angin dan durasinya. Jumlah data angin untuk beberapa tahun pengamatan adalah sangat besar. Untuk itu data tersebut harus diolah dan disajikan dalam bentuk table (ringkasan) atau diagram yang disebut dengan mawar angin (*windrose*). Penyajian dapat diberikan dalam bentuk bulan, tahunan atau untuk beberapa tahun pencatatan.

### 2.2.5. Gelombang

Gelombang merupakan faktor yang penting di dalam perencanaan pelabuhan. Gelombang laut bisa ditimbulkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik matahari dan bulan (pasang surut), letusan gunung berapi dan gempa di laut (tsunami), kapal yang bergerak, dan sebagainya.

Diantara beberapa bentuk gelombang tersebut yang paling penting dalam perencanaan pelabuhan adalah gelombang angin dan pasang surut. Gelombang tsunami adalah gelombang yang sangat besar, namun dikarenakan tsunami ini jarang terjadi maka bangunan-bangunan pelabuhan tidak direncanakan berdasarkan tsunami. Karena akan bisa berdampak pada dimensi bangunan yang besar dan biaya menjadi sangat mahal.

Tinggi gelombang kritis untuk bongkar muat barang di kolam depan fasilitas tambatan ditentukan berdasarkan jenis kapal, ukuran dan kondisi bongkar muat, yang dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1. Tinggi gelombang kritis di pelabuhan

Ukuran Kapal	Tinggi gelombang kritis untuk bongkar muat ( $H_{1/3}$ )
Kapal kecil	0,3 m
Kapal sedang	0,5 m
Kapal sangat besar	0,7 – 1,5 m

(Sumber : Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 2002)

## a. Fetch

Di dalam pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin seperti pada Gambar 0.11.

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum (X_i \cdot \cos \alpha_i)}{\sum \cos \alpha_i} \quad (2.1)$$

Dimana :

$F_{\text{eff}}$  = Fetch rata-rata efektif

$X_i$  = Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch

$\alpha_i$  = deviasi pada kedua sisi arah angin dengan menggunakan pertambahan  $6^\circ$  sampai sudut  $42^\circ$  pada kedua sisi dari arah angin.

Untuk mendapatkan panjang fetch efektif dapat dibuatkan penabelan seperti pada 2.2 Langkah-langkah pembuatannya sebagai berikut :

Tabel 0.2 Penabelan Fetch Efektif

$\alpha$	$\cos \alpha$	$X_i$			$X_i \cos \alpha$		
		BL	U	TL	BL	U	TL

1. Kolom 1, Pada kolom pertama yaitu kolom  $\alpha$ , tentukan besarnya sudut yang ditinjau antara jalur fetch dengan arah angin, dengan menggunakan pertambahan  $6^\circ$  sampai sudut sebesar  $42^\circ$  pada kedua sisi dari arah angin.
2. Kolom 2, Pada kolom kedua, dihitung besarnya  $\cos \alpha$  baik dari arah kanan dan kiri jalur fetch. Setelah itu jumlahkan semua  $\cos \alpha$ .

$$\sum \cos \alpha = x$$

3. Kolom 3, Kolom ketiga ini berupa panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi ke ujung akhir fetchnya. Pengukuran panjang ini dilakukan pada ketiga arah yang paling berpengaruh.
4. Kolom 4, Kolom keempat ini berupa perhitungan kolom ketiga berupa panjang segmen fetch yang diukur dikalikan kolom kedua berupa nilai dari  $\cos \alpha$ . Setelah dihitung semuanya lalu dijumlahkan dalam tiap arah yang berpengaruh. Apabila sudah dihitung total dari  $\sum x_i \cos \alpha$  dari setiap arah (BL, U, TL) lalu dihitung panjang fetch efektifnya



Gambar 0.1 Penggambaran Fetch

### b. Prediksi Tinggi gelombang

Prediksi tinggi gelombang ditentukan menggunakan nomograms yang dapat dilihat pada gambar 2.2

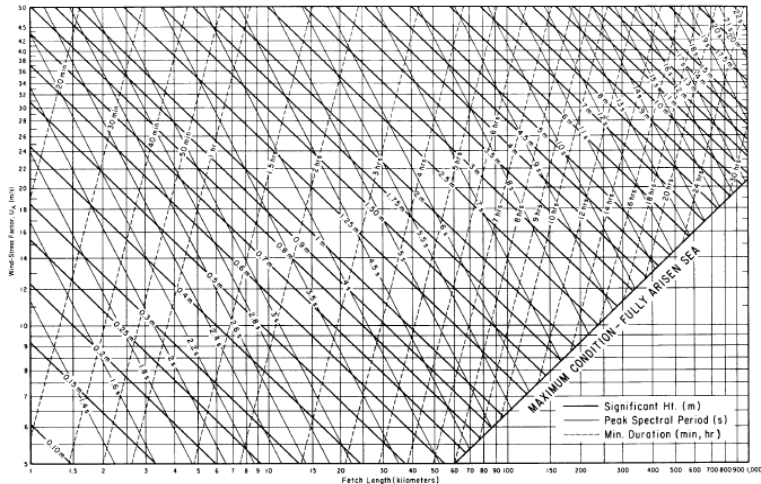
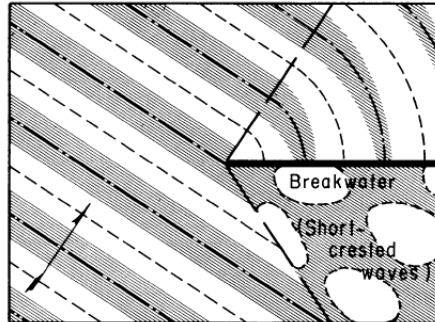


Figure 3-23. Nomograms of deepwater significant wave prediction curves as functions of windspeed, fetch length, and wind duration (metric units).

Gambar 0.2 Nomograms Untuk Menentukan Tinggi Gelombang  
(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

c. Defraksi

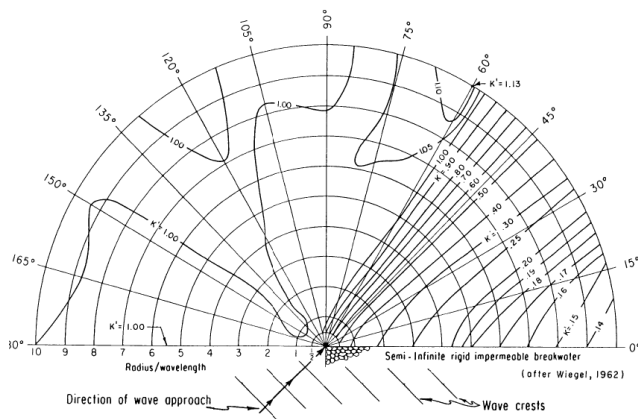
Apabila gelombang datang lalu terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang ataupun pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Efek defraksi dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Efek Defraksi

(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

Perhitungan defraksi diperoleh dari tinggi gelombang signifikan dikali koefisien defraksi. Koefisien defraksi yang didapat dari gambar 2.4



Gambar 2.4 Diagram Defraksi

(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)



### 2.2.6. Tanah

Survey data tanah bertujuan untuk merencanakan struktur bagian bawah jetty yaitu tiang pancang. Pengambilan data tanah dilakukan dengan cara pengeboran dengan mesin bor di beberapa titik, yang hasilnya akan dibawa ke lab untuk diuji mengetahui karakteristik jenis tanah. Ujin penetrasi standar (SPT) dilakukan dalam interval 2 atau 5 m tergantung kebutuhan yang berfungsi untuk memperoleh nilai kekuatan tanah.

### 2.3. Kriteria Desain

Kriteria desain terdiri dari perturan-peraturan yang digunakan, kapal rencana, kualitas bahan dan pembebanan dalam tugas akhir ini.

#### 2.3.1. Kapal Rencana

Kapal rencana berfungsi untuk mengetahui jenis kapal dan dimensi kapal yang akan berlabuh. Jenis kapal menentukan fasilitas yang ada di dermaga guna proses *loading* atau *unloading*. Dimensi kapal terdiri dari panjang kapal (LOA), lebar kapal, dan draft kapal. Kapal rencana yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah kapal tanker dengan kapasitas 12.000 DWT. Dimensi kapal dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Dimensi Kapal Tanker

Type	Dend weight tonnage (t)	Displacement (t)	L <sub>OA</sub> (m)	L <sub>BP</sub> (m)	B (m)	D (m)	Max. draft (m)	Wind lateral area (m <sup>2</sup> )		Wind front area (m <sup>2</sup> )	
								Full load condition	Ballast condition	Full load condition	Ballast condition
Oil tanker	1000	1800	66	63	10.9	4.8	4.4	223	302	99	93
	2000	3480	82	78	13.5	6.1	5.3	328	455	137	137
	3000	5130	93	89	15.3	7.1	6.0	412	578	166	171
	5000	8360	109	105	17.9	8.5	7.0	548	782	211	226
	7000	11 500	122	118	19.9	9.5	7.7	661	954	248	272
	10 000	16 200	136	132	22.2	10.8	8.5	806	1180	294	332
	15 000	23 900	155	150	25.2	12.4	9.6	1010	1500	356	414
	20 000	31 400	169	165	27.5	13.7	10.4	1190	1770	408	486
	30 000	46 300	192	188	31.2	15.8	11.7	1490	2260	494	607
	50 000	75 500	226	222	32.3	19.0	13.6	1980	3050	630	804
	70 000	104 000	251	247	40.6	21.3	15.0	2390	3720	739	968
	100 000	146 000	281	277	45.3	24.2	16.7	2920	4600	875	1180
	150 000	216 000	320	316	51.4	27.9	18.8	3660	5850	1060	1470
	200 000	284 000	350	346	56.2	30.8	20.4	4300	6930	1210	1730
	300 000	418 000	398	395	63.7	35.5	23.0	5390	8810	1470	2160

(Sumber : *Thoresen, 2014*)

### 2.3.2. Kualitas Bahan

Pemilihan kualitas bahan dalam sebuah perencanaan sangat penting yang akan mempengaruhi dimensi struktur itu sendiri. Lingkungan dari struktur itu sendiri sangat penting bahan utama yang digunakan dalam perencanaan ini adalah baja dan beton.

#### a. Baja

Untuk baja tegangan tarik yang diijinkan sebesar 40% dari tegangan lelehnya.

#### b. Beton

Sedangkan beton untuk Modulus tekan tegangan tekan sebagai berikut: (PBI 1971)

- Modulus tekan beton untuk beban tetap

$$E_b = 6400 \sqrt{\sigma'_{bk}} \quad (2.1)$$

- Tegangan tekan beton akibat lentur dan gaya normal

$$\sigma'_b = 0,33 \times \sigma'_{bk} \quad (2.2)$$

- Untuk tebal selimut beton yang berbatasan langsung dengan air sebesar 7.0 cm

### 2.3.3. Perencanaan Pembebanan

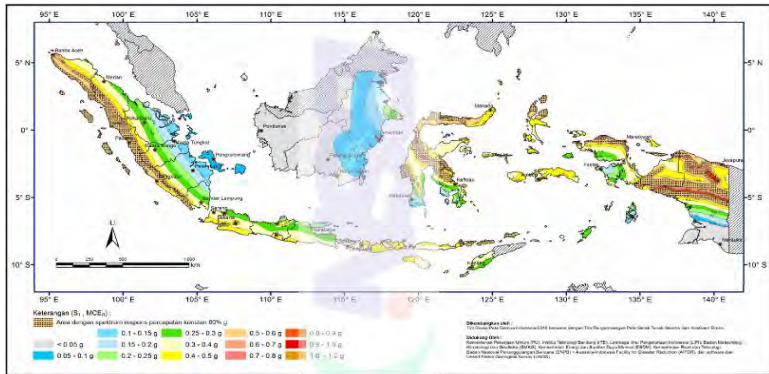
Gaya-gaya yang bekerja pada dermaga dapat dibedakan menjadi gaya vertikal dan lateral. Untuk gaya vertikal adalah berat sendiri bangunan, beban hidup, beban hujan dan beban fasilitas bonkar muatan yang tergantung dari jenis muatannya. Gaya lateral meliputi gaya bentur kapal, gaya tarik kapal, gaya gempa.

Beban yang diterima struktur terdiri dari beban vertikal dan beban horizontal. untuk perencanaan beban gempa pada struktur ini mengacu kepada Peraturan Beton Bertulang tahun 1971.

#### a. Beban mati

Beban mati atau berat sendiri merupakan beban tetap atau konstan yang tidak berubah-ubah selama bangunan berdiri seperti beban pelat, balok melintang, balok memanjang dan poer. Untuk berat volume beton bertulang adalah  $2.9 \text{ ton}/m^3$





Gambar 2.6  $S_1$ , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ), kelas situs SB

$S_{DS}$  merupakan parameter percepatan respon spektral pada periode pendek.

$S_{D1}$  merupakan parameter percepatan respon spektral pada periode 1 detik.

Berdasarkan peta pada gambar 2.1 dan 2.2, didapatkan  $S_s$  dan  $S_1$

- Menentukan  $F_a$  dan  $F_v$  berdasarkan tabel 2.4 dan 2.5

Tabel 2.4 Koefisien situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

**CATATAN:**

(a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 2.5 Koefisien situs,  $F_v$ 

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

**CATATAN :**

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier  
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

- Menentukan nilai  $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (2.3)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (2.4)$$

- Mencari nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$

$$S_{DS} = 2/3 \cdot S_{MS} \quad (2.5)$$

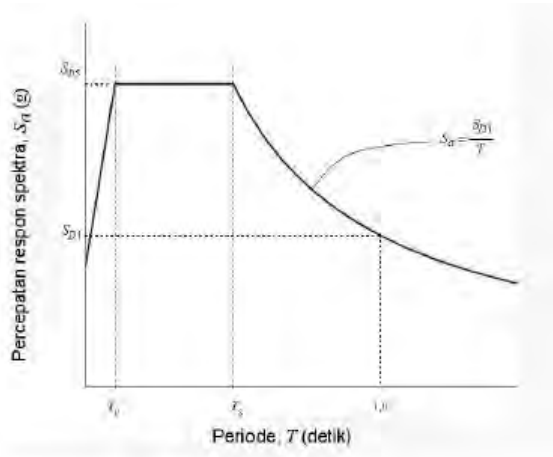
$$S_{D1} = 2/3 \cdot S_{M1} \quad (2.6)$$

- Menentukan Nilai  $T_0$  dan  $T_s$

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.7)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.8)$$

- Menentukan Nilai  $S_a$



Gambar 2.7 Spektrum Respons Desain

- Menentukan Faktor Keutamaan Bangunan ( $I$ )
- Menghitung Faktor Reduksi Beban Gempa ( $R^a$ )
- Menghitung Waktu Getar ( $T$ )

Bangunan menggunakan material beton, sehingga :

$T_a = 0,81088$  detik

$$C_s \text{ hasil} = \frac{S_{DS}}{\left( \frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.9)$$

$$C_s \text{ maksimum} = \frac{S_{D1}}{\left( T \cdot \frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.10)$$

$$C_s \text{ min} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \text{ OK} \quad (2.11)$$

- Menghitung Distribusi Horizontal Gaya Gempa ( $V$ )

$$V = C_s \cdot W_t \quad (2.12)$$

Hasil  $V$  ini yang dijadikan beban gempa yang dimasukan kedalam program SAP.

d. Perencanaan Boulder

Fungsi dari boulder adalah untuk penambat kapal agar tidak mengalami pergerakan yang dapat mengganggu baik pada aktivitas bongkar muat maupun lalu-lintas kapal yang lainnya. Boulder yang digunakan pada dermaga biasanya menggunakan bahan dari baja cor karena lebih tahan cuaca dan cukup kuat untuk menahan gaya-gaya yang bekerja, tinggi boulder tidak lebih dari 50 cm dengan ujung tertutup dan lebih besar untuk mencegah terlepasnya tali kapal yang diikat untuk jarak boulder dipakai.

Fungsi dari boulder adalah untuk penambat kapal agar tidak mengalami pergerakan yang dapat mengganggu baik pada aktivitas bongkar muat maupun lalu-lintas kapal yang lainnya. Boulder yang digunakan pada dermaga biasanya menggunakan bahan dari baja cor karena lebih tahan cuaca dan cukup kuat untuk menahan gaya-gaya yang bekerja, tinggi boulder tidak lebih dari 50 cm dengan ujung tertutup dan lebih besar untuk mencegah terlepasnya tali kapal yang diikat untuk jarak boulder dipakai. Berikut gaya tarik boulder dan jarak antar boulder dapat dilihat pada tabel 2.6, 2.7.

Tabel 2.6 Gaya Tarik Boulder

Bobot kapal (GRT)	Gaya tarik pada bollard (ton)	Gaya tarik pada bitt (ton)
200-500	15	15
501-1.000	25	25
1.001-2.000	35	25
2.001-3.000	35	35
3.001-5.000	50	35
5.001-10.000	70	50(25)
10.001-15.000	100	70(25)
15.001-20.000	100	70(35)
20.001-50.000	150	100(35)
50.001-100.000	200	100(50)

(Sumber : Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 2002)

Tabel 2.7 Penempatan Boulder

Ukuran kapal (GRT)	Jarak maksimum	Jumlah minimum
<2.000	10-15	4
2.001-5.000	20	6
5.001-20.000	25	6
20.001-50.000	35	8
50.001-100.000	45	8

- Gaya akibat angin

Angin yang berhembus ke arah badan kapal yang ditambat akan menyebabkan gerakan pada kapal yang bisa menimbulkan gaya terhadap dermaga. Apabila arah angin menuju ke dermaga, maka gaya tersebut akan berupa benturan kepada dermaga. Sedangkan apabila arah angin meninggalkan dermaga, maka gaya tersebut akan mengakibatkan gaya tarikan kepada alat penambat. Pada perhitungan ini dicari gaya tekan angin dengan rumus :

$$R_x = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot U^2 \cdot A_T \cdot C_x \quad (2.13)$$

$$R_y = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot U^2 \cdot A_L \cdot C_y \quad (2.14)$$

Dimana :

$\rho_a$  = Massa jenis angin  $1,23 \times 10^{-3} \text{ (t/m}^3\text{)}$

$U$  = Kecepatan angin (m/s)

$A_T$  = Lebar kapal x freeboard kapal

$A_L$  = Panjang Seluruh kapal x freeboard kapal

$C_x$  = koefisien gesek arah melintang = 0,5

$C_y$  = koefisien gesek arah memanjang = 1,3

- Gaya akibat arus

Besarnya gaya yang ditimbulkan oleh arus ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

- Gaya tekanan karena arus yang bekerja pada haluan

$$R_f = 0,0014 \cdot S \cdot V^2 \text{ (searah kapal)} \quad (2.15)$$

- Gaya tekanan karena arus yang bekerja pada arah sisi kapal

$$R = 0,5 \cdot \rho_0 \cdot C \cdot V^2 \cdot B \text{ (tegak lurus kapal)} \quad (2.16)$$



Dimana :

- Rf = Beban tambat akibat arah arus sejajar kapal (ton)  
 R = Beban tambat akibat arah arus tegak lurus kapal (ton)  
 V = Kecepatan arus  
 S = luas kapal yang tenggelam dalam keadaan penuh (m<sup>2</sup>)  
 = 0,85 x panjang seluruh kapal (LOA) x lebar kapal (B)  
 $\rho_0$  = Massa jenis air laut = 1,03 t/m<sup>3</sup>  
 C = koefisien tekan arus = 2  
 B = Proyeksi luas lambung kapal dibawah permukaan air (m<sup>2</sup>)

e. *Gaya fender*

*Gaya fender* yang terjadi saat kapal sedang merapat berupa gaya pukul kapal pada *fender* akibat kecepatan pada saat merapat, serta akibat pergoyangan kapal oleh gelombang dan angin.

Besarnya energi tumbukan saat kapal bersandar dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$E = \frac{WV^2}{2g} \times C_H \times C_e \times C_s \times C_c \quad (2.17)$$

Dimana :

- E = gaya benturan yang diserap oleh sistem fender (ton meter)  
 W = bobot kapal bermuatan penuh (ton)  
 d = defleksi fender (khusus kayu dibagi 20) (mm)  
 V = Kecepatan kapal saat merapat (m/s)  
 g = percepatan gravitasi = 9,81 m/det<sup>2</sup>  
 $C_H$  = koefisien massa hidrodinamis  
 $C_e$  = koefisien eksentrisitas  
 $C_s$  = koefisien kekerasan  
 $C_c$  = koefisien bentuk dari tambatan

- $C_H$  merupakan faktor untuk menghitung besarnya massa air yang bergerak di sekeliling kapal dan menambah besar massa kapal yang merapat. Rumus yang digunakan :

$$C_H = 1 + \frac{2\pi \times D}{2 Cb \times B} \quad (2.18)$$

Dengan  $Cb = \frac{W}{Lpp \times B \times D \times \gamma_o}$  (2.19)

Dimana :

$C_b$  = koefisien blok kapal

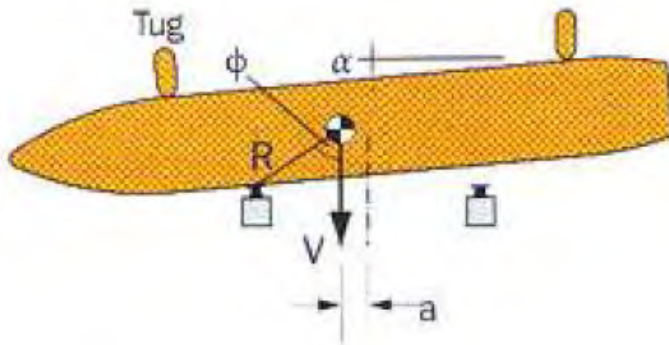
$D$  = draft kapal (m)

$B$  = lebar kapal (m)

$L_{pp}$  = panjang garis air (m)

$\gamma_o$  = berat jenis air laut ( $t/m^3$ )

- $C_e$  merupakan koefisien yang berguna untuk memperkirakan besaran energi yang diakibatkan dari rotasi kapal pada titik kapal bersentuhan dengan fender. Berikut salah satu jenis kapal berlabuh dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Jenis Berlabuh Dolphin Berths  
(Sumber : Trelleborg Fender Design Manual)

Pada jenis berlabuh ini kapal dapat berlabuh dengan tiga kemungkinan yaitu, Quarter-point berthing, Third-point berthing, dan Midships berthing. Besaran  $C_E$  berdasarkan kemungkinan kapal merapat saat berlabuh dapat kita lihat pada gambar 2.9

Common berthing cases	
Quarter-point berthing	
$x = \frac{L_{BP}}{4}$	$C_E \approx 0.4-0.6$
Third-point berthing	
$x = \frac{L_{BP}}{3}$	$C_E \approx 0.6-0.8$
Midships berthing	
$x = \frac{L_{BP}}{2}$	$C_E \approx 1.0$

Gambar 2.9 Kemungkinan kapal bersandar pada metoda sandar Dolphins Berth  
(Sumber : Trelleborg Fender Design Manual)

- $C_s$  merupakan untuk mengantisipasi pengaruh deformasi elastis terhadap badan kapal maupun konstruksi tambatan. berikut nilai  $C_s$  :  
 $C_s = 1$  ( *soft fender* )  
 $C_s = 0,9$  ( *hard fender* )
- $C_c$  merupakan koefisien untuk konfigurasi struktur tambat kapal dalam rangka memeperhitungkan adanya efek bantalan air. Efek ini timbul karena adanya massa air yang terjepit saat posis kapal merapat. Berikut nilai  $C_c$  :  
 $C_c = 1$  ( jenis dermaga open pier atau jetty )  
 $C_c = 0,9$  ( jenis dermaga tertutup sepanjang dermaga )

Kondisi merapat abnormal merupakan pengkalian energy tumbukan kapal dengan factor keamanan tabel 2.8.

Tabel 2.8 Factor Keamanan

<b>PIANC Factors of Safety (<math>F_s</math>)</b>		
<b>Vessel type</b>	<b>Size</b>	<b><math>F_s</math></b>
Tanker, bulk, cargo	Largest	1.25
	Smallest	1.75
Container	Largest	1.5
	Smallest	2.0
General cargo		1.75
RoRo, ferries		$\geq 2.0$
Tugs, workboats, etc		2.0

(sumber : PIANC,2002)

f. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban dilakukan untuk memperoleh kondisi pembebanan yang paling kritis pada struktur. Kombinasi pembebanan perlu memperhitungkan kemungkinan gaya-gaya yang menambah atau mengurangi dari beban-beban yang bekerja. Dalam perencanaan ini dipergunakan kombinasi beban sebagai berikut :

- Mooring Dolphin

Kombo 1 = DL + LL

Kombo 2 = DL + LL + Bh

Kombo 3 = DL + LL + Bv

Kombo 4 = DL + 0.5 LL +  $F_x + 0.3 F_y$

Kombo 5 = DL + 0.5 LL + 0.3  $F_x + F_y$

- Breasthing Dolphin

Kombo 1 =  $DL + LL$

Kombo 2 =  $DL + LL + F$

Kombo 3 =  $DL + LL + H$

Kombo 4 =  $DL + 0.5 LL + F_x + 0.3 F_y$

Kombo 5 =  $DL + 0.5 LL + 0.3 F_x + F_y$

- Unloading Platform

Kombo 1 =  $DL + LL$

Kombo 2 =  $DL + P$

Kombo 3 =  $DL + 0.5 LL + F_x + 0.3 F_y$

Kombo 4 =  $DL + 0.5 LL + 0.3 F_x + F_y$

- Trestle

Kombo 1 =  $DL + LL$

Kombo 2 =  $DL + P$

Kombo 3 =  $DL + 0.5 LL + F_x + 0.3 F_y$

Kombo 4 =  $DL + 0.5 LL + 0.3 F_x + F_y$

- Struktur Catwalk

Kombo 1 =  $1.2DL + 1.6 LL$

Kombo 2 =  $1.2 DL + 1.0 LL + 1.6 W$

Kombo 3 =  $0.9D + 1.6 W$

Dimana:

DL = Dead Load

LL = Live Load

P = Beban Kendaraan

Bh = Beban Boulder horisontal

Bv = Beban Boulder vertikal

F = Beban Fender

H = beban hanging kapal

W = Beban Angin

$F_x$  = Beban Gempa Arah x

$F_y$  = Beban Gempa Arah y

## 2.4. Perencanaan Layout Perairan dan Daratan

Wilayah pelabuhan dibedakan menjadi 2 wilayah yaitu wilayah perairan dan wilayah daratan. Wilayah perairan merupakan area seluruh kegiatan kapal. Sedangkan wilayah darat merupakan keseluruhan wilayah suatu terminal untuk menangani muatan.

Perencanaan wilayah perairan tidak dapat dipisahkan dari penataan wilayah daratannya dan harus memanfaatkan semaksimal mungkin ruang yang ada. Untuk itu beberapa hal harus dipertimbangkan meliputi:

- a. Kemungkinan terjadi perubahan perundangan, teknologi, type muatan, dan sebagainya.
- b. Ruang di pelabuhan (wilayah daratan dan perairan) harus dimanfaatkan seefektif mungkin dan tepat peruntukannya.
- c. Layout harus disesuaikan kondisi alam dan geografi sekitar lokasi.
- d. Berbagai fungsi harus dapat diintegrasikan secara menyeluruh atau dipisah sama sekali.
- e. Fasilitas pelabuhan harus secara organisasi terintegrasi satu sama lain.
- f. Adanya persiapan yang cukup untuk mengantisipasi keamanan dan adanya bahaya mendadak (gempa, tsunami, dsb).
- g. Perhatian terhadap pelabuhan dan lingkungan sekitarnya. Penataan terhadap problem perawatan, manajemen, operasi, dan utilitas dari fasilitas pelabuhan
- h. Arah perkembangan pelabuhan harus turut dipertimbangkan.

### 2.4.1. Perencanaan Layout Perairan

Perencanaan fasilitas sisi kelautan meliputi areal penjangkaran, kolam putar (*turning basin*), dan kolam dermaga (*basin*). Sedangkan untuk alur masuk tidak dievaluasi karena lokasi jetty yang berada didalam pelabuhan, sehingga alur masuk dianggap sudah memenuhi persyaratan.

a. Areal Penjangkaran

Areal penjangkaran adalah lokasi kapal menunggu sebelum dapat bertambat atau masuk alur, baik karena menunggu cuaca membaik, atau dermaga dan alur masih terpakai, atau alasan karantina, atau karena sebab lain. Areal yang harus disediakan untuk areal penjangkaran dapat dilihat dalam table 2.9 berikut :

Tabel 2.9 Kebutuhan areal penjangkaran

Tujuan penjangkaran	Dasar laut atau kecepatan angin	Jari- jari	
Menunggu atau Inspeksi muatan	Penjangkaran baik	Swinging	LOA + 6d
		Multiple	LOA + 4,5d
	Penjangkaran jelek	Swinging	LOA + 6d + 30 m
		Multiple	LOA + 4,5d + 25 m
Menunggu cuaca baik	Kec. Angin V=20m/dtk	LOA + 3d + 90 m	
	Kec. Angin V=30m/dtk	LOA + 4d + 145 m	

(Sumber : port designer's Handbook)

Dimana d adalah kedalaman perairan

Kedalaman areal penjangkaran minimum dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Kedalaman untuk perairan terbuka dan bergelombang

$$D = 1,5 \times \text{Draft} \quad (2.21)$$

b. Alur Masuk

Panjang alur masuk menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S_d \text{ min} = 7 \times \text{LOA} \quad (2.22)$$

Lebar alur masuk menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Lebar} = 5 \times B \quad (2.23)$$

$$\text{Kedalaman alur masuk} = 1,2 \times \text{Draft} \quad (2.24)$$

c. Kolam Putar (*Turning Basin*)

Kolam putar, berada di ujung alur masuk atau dapat diletakan di sepanjang alur bila alurnya panjang atau di depan kolam dermaga. Kapal diharapkan dapat bermanuver dengan kecepatan rendah (mendekati nol) atau dipandu. Areal yang disediakan dibatasi dengan bentuk lingkaran berdiameter ( $Db$ )

Untuk kapal bermanuver dengan dipandu

$$Db = 2 \times LOA \quad (2.25)$$

Untuk kapal bermanuver tanpa bantuan pandu

$$Db = 4 \times LOA \quad (2.26)$$

Kedalaman kolam putar dermaga menggunakan rumus :

$$\text{Kedalaman untuk perairan tenang} = 1,1 \times \text{Draft} \quad (2.27)$$

Kedalaman untuk perairan terbuka dan bergelombang

$$D = 1,2 \times \text{Draft} \quad (2.28)$$

d. Kolam Dermaga (*Basin*)

Kolam dermaga, berada di depan dermaga dan luasan ini perlu ditentukan bila kedalaman perairan perlu dikeruk dan untuk menentukan jarak antar dermaga yang saling berhadapan. Ukuran kolam dermaga sebagai berikut :

Panjang kolam dermaga bila dengan kapal pandu

$$\text{Panjang} = 1,25 \times LOA \quad (2.28)$$

Panjang kolam dermaga bila tanpa dibantu kapal pandu

$$\text{Panjang} = 1,50 \times LOA \quad (2.29)$$

Lebar kolam dermaga bila satu dermaga berhadapan

$$\text{Lebar} = 4 \times B + 50 \text{ m} \quad (2.30)$$

Lebar kolam dermaga bila lebih dari satu dermaga berhadapan

$$\text{Lebar} = 2 \times B + 50 \text{ m} \quad (2.31)$$

Lebar kolam dermaga bila dermaga tidak berhadapan

$$\text{Lebar} = 1,25 \times B \quad (2.32)$$

Kedalaman areal penjangkaran minimum dihitung dengan rumus berikut:

Kedalaman untuk perairan tenang

$$D = 1,1 \times \text{Draft} \quad (2.33)$$

Kedalaman untuk perairan terbuka dan bergelombang

$$D = 1,2 \times \text{Draft} \quad (2.34)$$



### 2.4.2. Perencanaan Layout Daratan

Perencanaan layout daratan meliputi perencanaan *Mooring Dolphin*, *Breasting Dolphin*, *Unloading Platform*, *Trastle* dan *Catwalk*.

#### a. Mooring Dolphin

*Mooring Dolphin* adalah bagian struktur jetty untuk menahan gaya tarikan kapal. *Mooring Dolphin* harus ditempatkan berjarak 35 – 50m di belakang *Berthing face*. Jarak antar *Mooring Dolphin* ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Outer} = 1.35 \text{ LOA Kapal} \quad (2.35)$$

$$\text{Inner} = 0.80 \text{ LOA Kapal} \quad (2.36)$$

Penempatan *Mooring Dolphin* harus diatur sedemikian rupa sehingga sudut horizontal yang dibutuhkan oleh tali tidak melebihi ketentuan yang berlaku. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.10 .

#### b. Breasting Dolphin

*Breasting Dolphin* adalah bagian struktur jetty untuk menyerap energi kinetik kapal yang bersandar, memegang kapal, mengikat surface line kapal. *Breasting Dolphin* harus bersifat fleksibel karena harus mampu menyerap energi tumbuk kapal. Jarak antar *Breasting Dolphin* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Jarak} = 0.25 - 0.40 \text{ LOA kapal terbesar} \quad (2.37)$$

#### c. Unloading Platform

*Unloading Platform* adalah bagian struktur jetty berupa pelat sebagai tempat peralatan bongkar muatan seperti *marine loading arm*, *jib crane*, *tower gangway*, *tower monitor* dan peralatan lainnya.

#### d. Trastle

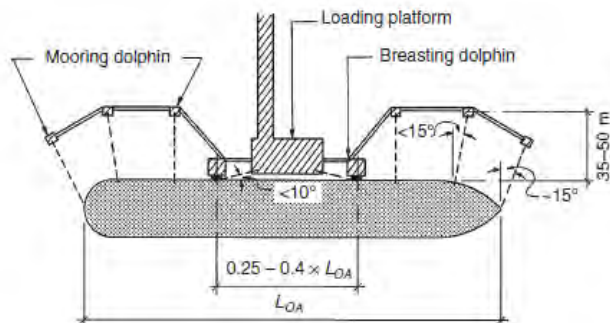
*Trestle* adalah bagian dari struktur jetty yang berfungsi untuk menghubungkan jetty dengan daratan apabila jetty terletak jauh dari tepi pantai. Panjang *Trestle* ditentukan oleh panjang yang dibutuhkan untuk menghubungkan jetty sampai ke darat. Sedangkan lebar *Trestle* ditentukan berdasarkan lalu lintas apa saja yang lewat di atasnya dan fasilitas yang akan dipasang di atasnya.

e. Catwalk

*Catwalk* adalah jembatan penghubung antar struktur seperti mooring dengan mooring, mooring dengan breasting dan unloading dengan breasting. *Catwalk* direncanakan hanya dilalui oleh pekerja dan terbuat dari baja profil.

f. Elevasi dermaga

Tinggi lantai dermaga dihitung dalam keadaan air pasang dengan tinggi gelombang yang terjadi ditambah tinggi jagaan sebesar satu meter.



Gambar 2.10 Ketentuan Perencanaan Jetty  
(Sumber : Thoresen, 2014)

## 2.5. Perencanaan Struktur Jetty

Untuk perhitungan struktur jetty dibagi dua yaitu struktur atas dan struktur bawah. Prosedur perencanaan sebagai berikut:

- Perencanaan layout atau denah untuk menentukan ukuran Mooring Dolphin, Breasting Dolphin, Unloading platform, Trastle dan Catwalk beserta tata letak fasilitasnya.
- Penentuan tata letak balok, tiang pancang.
- Preliminary dimensi balok, pelat, pour dan pancang.
- Penentuan pembebanan yang bekerja pada masing – masing struktur dan spesifikasi bahan yang digunakan.
- Pemodelan struktur menggunakan program bantu.
- Perhitungan kekuatan struktur dan kebutuhan tulangan.
- Pengencekan struktur secara keseluruhan.
- Detail gambar.

### 2.5.1. Perencanaan Struktur Atas

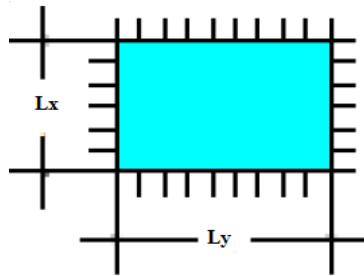
Perencanaan struktur atas terdiri dari perencanaan Pelat, balok memanjang, balok melintang dan poer. Struktur dermaga direncanakan menggunakan program bantu dan perhitungan tulangan menggunakan PBI71. Berikut penjelasan mengenai perhitungan struktur atas:

#### a. Perhitungan Pelat

Pelat direncanakan menerima beban mati dan beban hidup. Pertama hitung pembebanan pada pelat. Kombinasikan pembebanan yang digunakan berdasarkan PBI71 . Didapat  $q$  yang nantinya digunakan untuk menganalisa gaya – gaya dalam yang terjadi pada pelat. Perletakan diasumsikan jepit penuh.

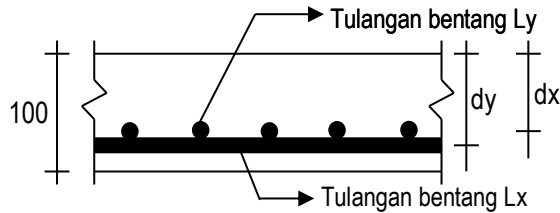
Perhitungan yang terjadi pada pelat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= - 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_x \\
 M_{lx} &= + 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_x \\
 M_{ty} &= - 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_y \\
 M_{ly} &= + 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_y
 \end{aligned}
 \tag{2.38}$$



Gambar 2.11 Pelat Tipe Jepit Penuh

Pelat dengan jepit penuh maka didapat momen yang nantinya dipakai untuk mencari tulangan pada pelat. Perhitungan tulangan didapat seperti berikut :



Gambar 2.12 Penampang Pelat

Tinggi manfaat:

$$dx = t_{\text{pelat}} - \text{decking} - \frac{1}{2} \emptyset \quad (2.39)$$

$$dy = t_{\text{pelat}} - \text{decking} - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset \quad (2.40)$$

- Perhitungan penulangan

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} \quad (2.41)$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca$  hasil perhitungan dari tabel  $n - \text{lentur}$  didapat nilai  $\Phi$  dan  $100n\omega$

Tulangan tarik

$$As = \omega b h \quad (2.42)$$

$As_{\text{perlu}}$  ini yang nantinya menentukan jumlah tulangan yang didapat.

Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik.

- Kontrol retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retaka pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (2.43)$$

Dimana:

$W$  = lebar retak (cm)

$\alpha$  = koefisien yang bergantung pada jenis batang tulangan, 1.2 batang polos dan 1 untuk batang yang diprofilkan

$c$  = tebal penutup beton (cm)

$d$  = diameter batang polos atau pengenal (cm)

$\sigma_a$  = tegangan baja yang bekerja ditempat yang retak ( $\text{kg/cm}^2$ )

$A$  = luas tulangan tarik ( $\text{cm}^2$ )

$B$  = lebar balok (cm)

$h$  = tinggi manfaat balok (cm)

$y$  = jarak garis netral terhadap sisi yang tertekan (cm)

$B_t$  = luas penampang beton yang tertarik ( $\text{cm}^2$ )

Ketentuan koefisien  $C_3$ ,  $C_4$  dan  $C_5$  lihat tabel 2.10 di bawah

Tabel 2.10 Koefisien – Koefisien perhitungan Lebar Retak

Uraian	$\omega_p$	$C_3$	$C_4$	$C_5$
Balok persegi dan balok T yang mengalami lentur murni	$\frac{A}{b_o h}$	1,50	0,04	7,5
Balok persegi dan balok T yang mengalami lentur dengan gaya normal tekan.	$\frac{A}{b(h-y)}$	1,50	0,07	12
Bagian-bagian konstruksi yang mengalami tarik aksial.	$\frac{A}{B_t}$	1,50	0,16	30

(sumber : PBI 1971)

#### b. Perencanaan Balok

Balok memanjang diasumsikan menumpu diatas balok melintang. Balok memanjang biasanya letaknya sejajar dan ukurannya dibuat sama dengan balok melintang. Penentuan momen dan gaya lintang pada balok dapat menggunakan hasil perhitungan SAP 2000 atau software lain atau dapat juga ditentukan berdasarkan balok menerus. Dengan menerapkan beberapa kombinasi pembebanan sesuai kondisi masing – masing dermaga, akan diperoleh hasil pada setiap sambungan selanjutnya

pilih kombinasi yang memiliki hasil maksimum untuk yang dipakai sebagai dasar perhitungan kebutuhan tulangan.

- Perhitungan penulangan)

$$\bullet \quad Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} \quad (2.44)$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0,4$  dan  $Ca$  hasil perhitungan dari tabel  $n - \text{lentur}$  didapat nilai  $\Phi$  dan  $100n\omega$

Tulangan tarik

$$As = \omega b h \quad (2.45)$$

$As_{\text{perlu}}$  ini yang nantinya menentukan jumlah tulangan yang didapat.

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As \quad (2.46)$$

Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

- Kontrol Retak

Perhitungan menggunakan rumus yang sama seperti pada kontrol retak Pelat.

- Kontrol Dimensi Balok

- menghitung tegangan geser beton dengan rumus

$$\tau_b = \frac{V}{b \cdot \frac{7}{8} \cdot h} \quad (2.47)$$

- Untuk  $ht > b$

$$\psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{ht}{b}} \quad (2.48)$$

$\psi$

= koefisien untuk menghitung tegangan geser punter

Tegangan geser puntir beton pada penampang balok persegi di tengah - tengah tepi penampang yang vertikal (PBI '71 Pasal 11.8.1) :

$$\tau'_b = \frac{\psi \cdot T}{b^2 \cdot ht} \quad (2.49)$$

$$\tau_{bm} = 1,62 \sqrt{fc'} \quad (2.50)$$

$$\tau_b + \tau'_b \quad (2.51)$$

$$\tau_b + \tau'_b < \tau_{bm} \quad \dots \text{Ok}$$

- Perhitungan tulangan geser balok
  - Menentukan besarnya gaya lintang yang bekerja pada tumpuan.
  - Menghitung tegangan beton ijin berdasarkan PBI '71 tabel 10.4.2 akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :
  - Untuk pembebanan tetap :
 
$$\tau'_{bm-t} = 1.35 \sqrt{\sigma'_{bk}} \quad (2.52)$$
  - Untuk pembebanan sementara :
 
$$\tau'_{bm-s} = 2.12 \sqrt{\sigma'_{bk}} \quad (2.53)$$

Menghitung tegangan geser lentur beton akibat beban kerja di tengah-tengah tinggi penampang dengan rumus sebagai

$$\tau_b = \frac{D}{b \times \frac{7}{8} h} \quad (2.54)$$

Dimana :

$\tau_b$  = tegangan geser beton

D = gaya lintang

Diperlukan tulangan geser jika

$$\left. \begin{array}{l} \tau_b < \tau'_{bm-t} \\ \tau_b < \tau'_{bm-s} \end{array} \right\} \text{Ok, diperlukan sengkang!}$$

Menghitung jarak tulangan sengkang:

$$as = \frac{As \times \overline{\sigma_a}}{\tau_s \times b} \quad (2.55)$$

- Panjang tulangan penyaluran

Untuk *tulangan tarik*, berdasarkan PBI'71 pasal 8.6.2 ditetapkan sebagai berikut untuk tulangan ulir:

$$L_d = 0,07 \frac{A_s \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma_{bk}'}} \geq 0,0065 d_p \sigma_{au} \quad (2.56)$$

Untuk tulangan tekan, berdasarkan PBI'71 pasal 8.7.2 ditetapkan sebagai berikut untuk tulangan ulir:

$$L_d = 0,09 \frac{d_s \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma_{bk}'}} \geq 0,005 d_p \sigma_{au} \quad (2.57)$$

c. Perencanaan Poer (pile cap)

Struktur ini berfungsi sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan balok memanjang maupun melintang. Struktur ini adakalanya tidak dipasang, jadi tiang pancang langsung bersambung ke balok di atasnya, untuk itu harus dipastikan balok cukup kuat menahan gaya tekan dan momen yang terjadi serta pelaksanaan di lapangan memungkinkan. Bila digunakan *poer* ukurannya harus memenuhi syarat bagi jumlah tiang pancang yang akan dipasang di bawahnya. Disarankan jarak tepi *poer* terhadap tepi luar tiang minimal 15 cm sebagai ruang untuk selimut beton (7 cm) ditambah 4 kali diameter tulangan ditambah jarak untuk beton pengisi minimal 4 cm.

Perhitungan tulangan *poer* tergantung dari perbandingan tinggi dengan panjang apabila nilai lebih dari 0,4 *poer* didesain sebagai balok sedangkan kurang dari 0,4 *poer* didesain sebagai pelat. Perhitungan menyesuaikan desain balok atau pelat kontrol – kontrol mengikuti.

d. Perencanaan Dolphin

Perhitungan tulangan *Dolphin* tergantung dari perbandingan tinggi dengan panjang apabila nilai lebih dari 0,4 *poer* didesain sebagai balok sedangkan kurang dari 0,4 *poer* didesain sebagai pelat. Perhitungan menyesuaikan desain balok atau pelat untuk kontrol – kontrol mengikuti.



### 2.5.2. Perencanaan Struktur Bawah

Perencanaan struktur bawah terdiri dari Daya dukung tanah, titik jepit tiang, kalendering, dan kontrol – kontrol tiang. Berikut penjelasan mengenai perhitungan struktur bawah :

a. Daya Dukung Tanah

Pada perhitungan daya dukung tanah menggunakan metode *Luciano Decourt*

$$Q_L = Q_p + Q_s \quad (2.58)$$

Dimana :

$Q_L$  = daya dukung tanah maksimum (ton)

$Q_p$  = resistance ultime di dasar pondasi (ton)

$Q_s$  = resistance ultime akibat lekatan lateral (ton)

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot k) \cdot A_p \cdot \alpha \quad (2.59)$$

Dimana :

$Q_p$  = tegangan ujung tiang (t/m<sup>2</sup>)

$A_p$  = luas penampang dasar tiang (m<sup>2</sup>)

$N_p$  = harga rata-rata SPT sekitar 4B diatas dan 4B dibawah dasar tiang (gambar 2.13)

Catatan : Apabila tanah dalam kondisi terendam/di bawah muka air tanah maka harga  $N_p$  harus dikoreksi,

$$N' = 15 + 0,5(N-15) \quad (2.60)$$

$K$  = koefisien karakteristik tanah

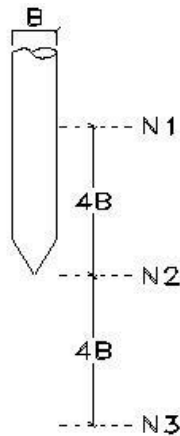
12 t/m<sup>2</sup> = untuk lempung

20 t/m<sup>2</sup> = untuk lanau berlempung

25 t/m<sup>2</sup> = untuk lanau berpasir

40 t/m<sup>2</sup> = untuk pasir

$\alpha$  = base coefficient (table 2.11)



Gambar 2.13 Letak dari Nilai – nilai N dalam Perhitungan  $N_p$

$$Q_s = q_s \times A_s = \beta(N_s/3+1) \times A_s \quad (2.61)$$

Dimana:

$q_s$  = tegangan akibat lekatan lateral ( $t/m^2$ )

$A_s$  = luas selimut tiang yang terbenam ( $m^2$ )

$N_s$  = harga N rata sepanjang tiang tertanam, dengan  
batasan :  $3 < N < 50$

$\beta$  = shaft coefficient (tabel 2.11)

Tabel 2.11 Nilai Base Coefficient ( $\alpha$ ) dan Shaft Coefficient ( $\beta$ )

Pile/Soil	Clay		Intermediate Soil		Sands	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
Driven Pile	1	1	1	1	1	1
Bore Pile	0,85	0,8	0,6	0,65	0,5	0,5
Injected Pile	1	3	1	3	1	3

(sumber : Luciano Decourt Handbook )

## b. Titik jepit tiang

Posisi titik jepit tiang dari permukaan tanah ( $Z_f$ ) untuk *normally consolidated clay* dan *granular soil* adalah  $1.8 T$ , di mana  $T$  adalah faktor kekakuan yang dihitung sebagai berikut:

$$T = \sqrt[5]{EI/nh} \quad (2.62)$$

Dimana :

$nh$  = untuk cohesionless soil diperoleh dari Terzaghi, sedangkan untuk normally consolidated clays = 350 s/d 700 KN/m<sup>3</sup> dan soft organic silts = 150KN/m<sup>3</sup>.

$E$  = modulus elastisitas Young yang tergantung dari bahan tiang pancang

$I$  = momen inersia dari penampang tiang pancang

## c. Kalendering

Perumusan kalendering yang dipakai perumusan *Alfred Hiley Formula (1930)*, sebagai berikut :

$$Qu = \frac{\alpha.W.H}{S + 0,5.C} \times \frac{W + n^2.Wp}{W + Wp} \quad (2.63)$$

Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai  $S$  atau penetrasi/blow, yaitu pengamatan yang dilakukan rata-rata di tiga set terakhir, dengan 10 pukulan tiap setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama  $S > S'$ , maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

$Qu$  = bearing capacity of pile (ton)

$\alpha$  = efisiensi hammer

2,5 untuk hidrolik hammer

1,0 untuk disel hammer

0,75 untuk drop hammer

$W$  = berat hammer (K25 = 2,5 T ; K35 = 3,5 T)

$Wp$  = weight of pile (ton)

H = tinggi jatuh hammer (1,9 m s/d. 2 m untuk kondisi normal). Untuk kondisi khusus seperti *diesel hammer*, nilai H dikalikan 2 (2H)

n = Coeffisien of restitution  
 0,25 untuk tiang kayu/beton  
 0,4 untuk tiang beton tanpa *cap*  
 0,55 untuk tiang baja tanpa *cushion*

S = pile penetration for last blow (cm/blow)

Pengamatan biasanya dilakukan rata – rata di 3 set terakhir dengan 10 pukulan setiap setnya.

C = total temporary compression (mm)

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (2.64)$$

C<sub>1</sub> = kompresi sementara dari *cushion* yang mana menurut BSP adalah :

- Hard cushion = 3mm
- Hard cushion + packing, soft cushion = 5mm
- Soft cushion + packing = 7mm

$$C_2 = \text{kompresi sementara dari tiang} \quad (2.65)$$

$$= \frac{Qu.L}{Ap.E_{pile}}$$

Untuk tiang beton:

400 od = 9mm s/d 12mm

500 od = 10mm s/d 14mm

Untuk tiang baja:

500 od = 7mm s/d 11mm

600 od = 8mm s/d 12mm

C<sub>3</sub> = kompresi sementara dari tanah, dimana nilai nominal = 2,5 mm

Tanah keras (SPT > 50) : 0-1 mm

Tanah sedang (SPT 20-30) : 2-3 mm

Tanah lunak (SPT 10-20) : 4-5mm

Berdasarkan pengalaman yang sudah ada, harga C dari diesel hammer K35 adalah:

Bila  $S > 1\text{ cm} \rightarrow C = 1\text{ cm}$

Bila  $S = 0,6 - 1\text{ cm} \rightarrow C = 1,2 - 1,8\text{ cm}$

Bila  $S = 0,2 - 0,5\text{ cm} \rightarrow C = 1,6 - 2,2\text{ cm}$

d. Kontrol Kuat Bahan

Kontrol kekuatan bahan dilakukan dengan mengecek besarnya momen yang terjadi pada tiang pancang harus lebih kecil dari pada momen Crack bahan. Momen pada tiang pancang didapatkan dari perhitungan SAP sedangkan momen crack bahan didapatkan dari spesifikasi bahan oleh pabrik:

$$M_{\text{tiang pancang}} < M_{\text{crack}}$$

e. Kontrol Lendutan

$$Y = \frac{H(e + Zf)^3}{12EI} \quad (2.66)$$

Dimana :

H = lateral load (ton)

e = jarak lateral load dengan muka tanah (m)

Zf = posisi titik jepit tanah terhadap sebuah tiang (m).

f. Kontrol Tiang Pancang Berdiri Sendiri

Tiang pancang dicek kekuatannya pada saat berdiri sendiri, khususnya terhadap frekuensi gelombang ( $\omega$ ). Frekuensi tiang ( $\omega t$ ) harus lebih besar dari frekuensi gelombang supaya tiang tidak bergoyang dan patah. Frekuensi tiang pancang dihitung dengan rumus berikut ini

$$\omega t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wl^2/g}} \quad (2.67)$$

Dimana:

$\omega t$  = frekuensi tiang

w = berat tiang pancang (kg)

l = tinggi tiang di atas tanah

g = gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

g. Kontrol Kuat Tekuk

Untuk kontrol tekuk terhadap kelangsingan tiang dapat menggunakan rumus :

Free headed conditions

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{4(Z_f + e)^2} \quad (2.68)$$

Fixed and translating headed conditions

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(Z_f + e)^2} \quad (2.69)$$

P aksial < Pcr ..... Ok

Dimana :

$P_{cr}$  = daya dukung tiang kritis

$e$  = jarak lateral load dengan muka tanah (m)

$Z_f$  = posisi titik jepit tanah terhadap sebuah tiang (m)

$I_{\min}$  = momen Inersia minimum tiang ( $m^4$ )

h. Kontrol Tiang Pancang Terhadap Korosi

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang dapat terjadi pada tiang pancang. Terutama saat tiang pancang berada di pantai/laut lepas.dalam perencanaan ini, korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan yang digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi setebal 3 mm. dengan aturan OCDI kecepatan korosi adalah 0.3 mm/tahun, sehingga :

$$\text{Diameter rencana}(D1) = \text{Diameter luar} - 10 \times 0,3 \quad (2.70)$$

$$\text{Diameter dalam}(D2) = \text{Diameter luar} - \text{tebal} \quad (2.71)$$

$$\text{Luas penampang}(A) = 0.25 \pi (D1^2 - D2^2) \quad (2.72)$$

$$\text{Momen inersia}(I) = 1/64 \pi (D1^4 - D2^4) \quad (2.73)$$

$$\text{Section modulus}(W) = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32(D)} \quad (2.74)$$

$$M_{ijin} = \sigma_{ijin} \times \text{Section Modulus} \quad (2.75)$$

$M_{ijin} > M_u$  ....Oke

### 2.5.3. Perencanaan Catwalk

Perencanaan Catwalk terdiri dari kontrol – kontrol profil baja dan perhitungan perencanaan sambungan. Berikut perhitungan Catwalk:

- a. Kontrol Buckling

$$\lambda = D/t \quad (2.76)$$

$$\lambda_p = 0.00448 E/f_y \quad (2.77)$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka profil kompak

Kontrol kelangsingan komponen

$$\lambda = l/r < 200 \text{ (OK)} \quad (2.78)$$

- b. Kontrol kuat leleh

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y \quad (2.79)$$

- c. Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g$$

$$\Phi P_n = 0.75 A_e f_u \quad (2.80)$$

Kuat rencana tarik adalah kuat minimum dari kuat leleh dan putus dan harus lebih besar dari  $P_{\text{tarik actual}}$

- d. Kontrol Momen

$S_x$  = modulus penampang plastis

$$= D^2 t - 2 D t^2 + 4/3 t^3 \quad (2.81)$$

$Z_{x,y}$  = modulus penampang elastis

$$= (\pi/32 D)(D^4 - 2(D^2 - 2t)^4) \quad (2.82)$$

$$M_n = S_{x,y} \cdot f_y \quad (2.83)$$

$$M_n = Z_{x,y} \cdot 1.5 f_y \quad (2.84)$$

Dimana  $M_n$  diambil yang terkecil dan harus lebih besar dari  $M_{\text{actual}}$

- e. Kontrol Gaya Tekan (Axial Force)

$$\lambda_r = 0.114 E/f_y \quad (2.85)$$

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (2.86)$$

$$F_{cr} = Q(0.658^{Q\lambda_c^2})f_y \quad (2.87)$$

$$P_n = 0.85 F_{cr} \times A_g \quad (2.88)$$

$$P_n > P_{\text{actual}} \dots \text{Ok}$$

## f. Kontrol Geser Bahan (Shear Force)

$$V_n = 0.9 F_{cr} \times A_g / 2 \quad (2.88)$$

$$V_n > V_{actual} \dots \text{Ok}$$

## g. Kontrol Tegangan Bahan (Yield Strength)

$$\sigma_{aktual} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z} \quad (2.89)$$

$$\sigma_{ijin} > \sigma_{aktual} \dots \text{Ok}$$

## h. Kontrol Lendutan

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{180} \quad (2.90)$$

$$\Delta_{ijin} > \Delta_{aktual} \text{ (Ok)}$$

## g. Perencanaan Las

Las adalah penyatuan dari dua macam logam. Las yang digunakan dalam perhitungan ini adalah las sudut. Mutu las tergantung detail cara melas dan keahlian tukang las. Keuntungan sambungan las yaitu hemat bahan baja, pengerjaan yang cepat, dan bentuk lebih bagus.

Kekuatan sambungan las

pada umumnya dipakai mutu kawat las  $\geq$  mutu baja

Bahan Las :  $F_{EXX}$

$F_{E60XX}, F_{E70XX}, F_{E80XX}, F_{E90XX}, F_{E100XX}, F_{E110XX}$

E – Elektrode Kekuatan tarik ini (KSI) (70,3 kg/cm<sup>2</sup>)

Digit dibelakangnya xx, menunjukan tipe coatingnya.

Kekuatan nominal las sudut persatuan panjang :

$$\text{Kuat nominal las} : R_n = 0,6 f_u t_e \quad (2.91)$$

$$\text{Kuat nominal logam dasar} : R_n = 0,6 f_u t \quad (2.92)$$

$$\text{Kuat Sambungan} : R_u = \phi R_n \quad \phi = 0,75 \quad (2.93)$$



## **2.6. Metode Pelaksanaan Struktur Jetty**

Metode pelaksanaan atau metode konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan pelaksanaan konstruksi yang mengikuti prosedur dan memiliki syarat-syarat yang sudah ditentukan. Penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat dan aman dapat sangat membantu untuk menyelesaikan proyek.

## **2.7. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya**

Rencana Anggaran biaya atau disingkat RAB adalah Perhitungan biaya bangunan berdasarkan gambar bangunan dan spesifikasi pekerjaan konstruksi yang akan dibangun, sehingga dengan adanya RAB dapat dijadikan sebagai acuan pelaksanaan. Untuk menghitung RAB diperlukan data-data antara lain:

- Gambar rencana Bangunan
- Volume masing- masing pekerjaan
- Daftar harga bahan bangunan, alat dan upah pekerja.
- Harga satuan pekerjaan

## **BAB III**

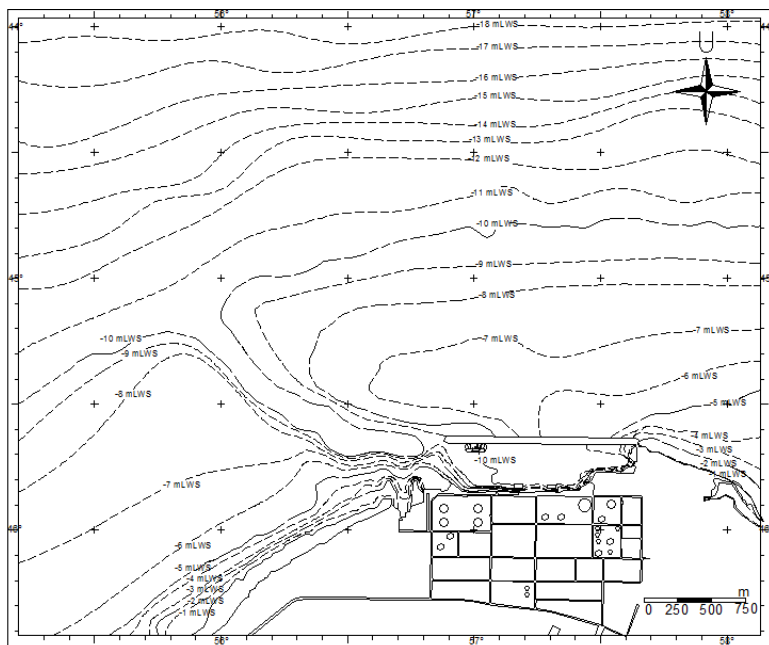
### **PENGUMPULAN DATA DAN ANALISIS DATA**

#### **3.1. Umum**

Untuk melakukan perencanaan *jetty* terlebih dahulu akan dilakukan pengumpulan data dan analisis data guna menunjang perencanaan *jetty*. Data - data yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini merupakan data sekunder. Adapun data – data yang digunakan yaitu sebagai berikut :

#### **3.2. Data Bathymetri dan Analisis Data Bathymetri**

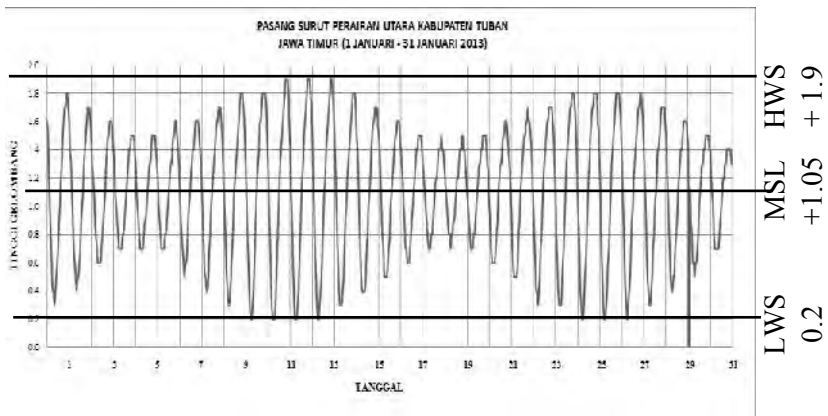
Peta bathymetri pelabuhan di kabupaten Tuban dapat dilihat pada Gambar 3.1. Dari peta Bathymetri tersebut untuk area pelabuhan didapat kontur rata – rata adalah -10 mLWS.



Gambar 3.1 Peta Bathymetri Pelabuhan di Kabupaten Tuban

### 3.3. Data Pasang Surut dan Analisis Data Pasang Surut

Data pasang surut digunakan untuk mengetahui posisi muka air laut absolut terendah, dan pola pasang surutnya. Selanjutnya posisi surut terendah pada pola pasang surut setempat dijadikan sebagai acuan untuk penetapan elevasi kontur tanah dan elevasi seluruh bangunan. Data didapat dari mengadopsi hasil tidak menghitung sendiri. Perilaku pasang surut diambil dari stasiun Karang Jamuang yang memiliki letak geografis  $06^{\circ} 55' 50''$  LS dan  $112^{\circ} 43' 10''$  BT. Permodelan dari grafik pasang surut dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut :



Gambar 3.2 Peta Grafik Pasang Surut

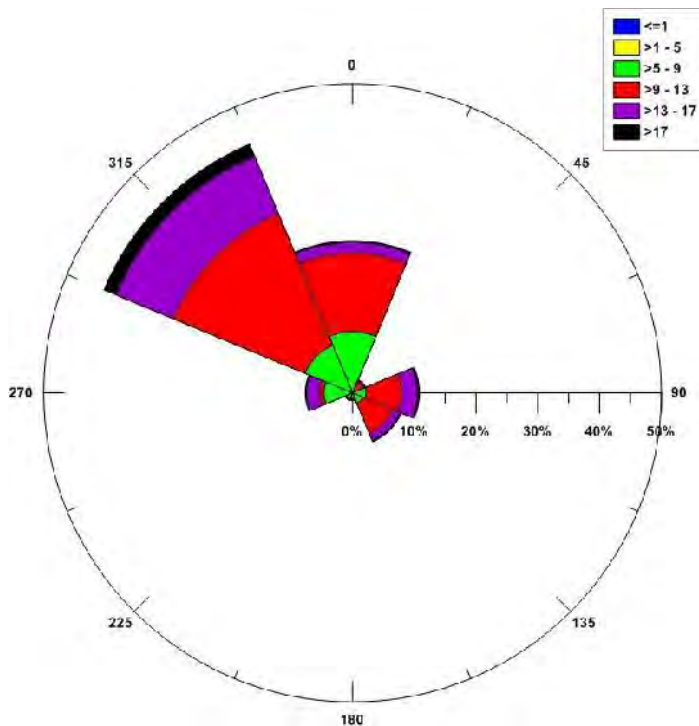
- Type pasang surut bersifat harian tunggal (*Diurnal Tide*)
- Elevasi HWS (*High Water Spring*) pada +1,9 mLWS
- Elevasi MSL (*mean sea level*) pada +1,05 mLWS
- Elevasi LWS (*Low Water Spring*) pada 0,2 mLWS
- Beda pasang surut 1,7 m diatas mLWS



Tabel 3.2. Persentase Kejadian Angin

Persentase Kejadian Angin dalam %									
Kecepatan	Arah Angin								Jumlah
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut	
1≤	0.11								0.11
1-5	0.11	0.03	0.11	0.14	0.08	0.03	0.05	0.11	0.66
5-9	9.72	0.49	2.05	1.75	0.66	1.04	4.57	8.21	28.50
9-13	12.46	1.34	5.59	5.15	0.30	0.19	0.63	22.81	48.47
13-17	1.83	0.36	2.60	1.20	0.11	0.03	2.14	10.02	18.29
≥17	0.47	0.08	0.47	0.30	0.08	0.03	0.22	2.33	3.97
Jumlah	24.59	2.30	10.82	8.54	1.23	1.31	7.61	43.48	100.00

Dari tabel dapat ditampilkan menjadi model *wind rose* yang dapat dilihat pada Gambar 3.3

Gambar 3.3 Diagram *Wind Rose* Tahun 2006 – 2015

Dari analisa data didapatkan angin dominan dari arah barat laut dengan persentase sebesar 22,81% dikecepatan 9-13 knot. Dan angin terbesar dari arah barat laut dengan persentase sebesar 2,33% dikecepatan lebih dari 17 knot atau 8,5 m/s.

Tabel 3.3. Rekap Kecepatan Angin Maksimum Dari Arah Utara

Tahun	Bulan	Kec. Max		Arah	
		(Knot)	(m/s)	(°)	Mata Angin
2006	Jul	15.9	8.0	10.0	utara
2007	Jan	50.0	25.0	350.0	utara
2008	Sep	15	7.71	10.0	utara
2009	Feb	48.1	24.0	20.0	utara
2010	Feb	18.1	9.1	20.0	utara
2011	Jan	16.9	8.7	340	utara
2012	Jun	8.0	4.1	340.0	utara
2013	Jan	36.0	18.0	360.0	utara
2014	Ags	17.1	8.6	360.0	utara
2015	Okt	20.0	10.0	10.0	utara

Tabel 3.4. Rekap Kecepatan Angin Maksimum Dari Arah Timur

Tahun	Bulan	Kec. Max		Arah	
		(Knot)	(m/s)	(°)	Mata Angin
2006	Mei	13.0	6.5	90	timur
2007	Mei	15.0	7.5	110	timur
2008	Apr	40.0	20.0	110	timur
2009	Apr	18.1	9.1	100	timur
2010	Jul	52.9	26.5	110	timur
2011	Mar	16.0	8.0	110	timur
2012	Sep	37.9	19.0	100	timur
2013	Jul	4.1	2.1	80	timur
2014	Des	24.1	12.1	100	timur
2015	Mei	38.1	19.1	70	timur

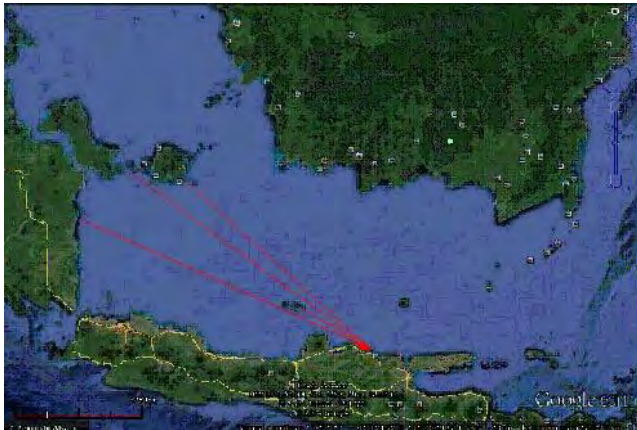
Dari tabel 3.3 dan tabel 3.4 dapat disimpulkan kecepatan angin maksimum adalah sebesar 25 m/s dari arah utara dan 26,5 m/s dari arah timur.

### 3.6. Data Gelombang dan Analisis Gelombang

#### a. Prediksi Tinggi Gelombang

Letak pelabuhan berada di pantai utara tuban yang dipengaruhi oleh angin dari arah Barat Laut, Utara dan Timur Laut sedangkan untuk arah lainnya tidak perlu diperhitungkan karena bukan daerah bangkitan gelombang. Sehingga untuk mencari panjang fetch cukup diambil dari arah Barat Laut, Utara dan Timur Laut.

Perhitungan panjang fetch disini digunakan media bantu Google Earth sehingga memiliki ketepatan yang cukup tinggi dalam menentukan fetch. Dengan ditarik garis panjang melalui Pantai Utara Tuban, panjang fetch efektif dengan daerah bangkitan Barat Laut, Utara, dan Timur Laut dapat dilihat melalui Gambar 3.4 sampai Gambar 3.8 . Perhitungan fetch efektif dapat dilihat pada Tabel 3.5



Gambar 0.4 Panjang Fetch arah barat  
(Sumber : Google Earth)





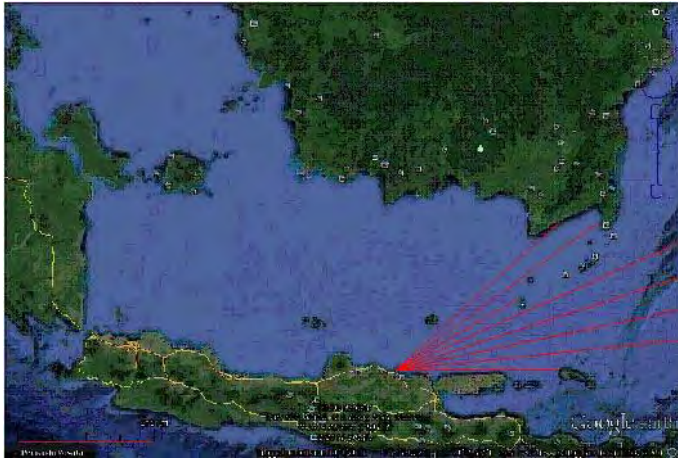
Gambar 0.5 Panjang Fetch arah barat laut  
(Sumber : Google Earth)



Gambar 0.6 Panjang Fetch arah utara  
(Sumber : Google Earth)



Gambar 0.7 Panjang Fetch arah timur laut  
(Sumber : Google Earth)



Gambar 0.8 Panjang Fetch arah timur  
(Sumber : Google Earth)

Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan besarnya panjang fetch efektif.

1. Sesuai dengan Gambar 3.4 sampai Gambar 3.8, arah angin datang menjadi acuan  $0^\circ$  dan bertambah tiap  $6^\circ$  sampai sudut sebesar  $42^\circ$  pada kedua sisi dari acuan  $0^\circ$  tiap arah angin. Tiap-tiap sudut yang bertambah dihitung panjangnya dari titik pantai Telaga Biru sampai panjang garis yang ditarik menemui daratan/ pulau.

Contoh :

Sudut  $42^\circ$  ke arah kanan diukur dalam 5 arah, yaitu :

Barat (B) = 500,00 km

Barat Laut (BL) = 386,53 km

Utara (U) = 463,43 km

Timur Laut (TL) = 427,22 km

Timur (T) = 0 km

Dan pada sudut yang lain.

2. Besarnya  $\cos \alpha$  tiap-tiap sudut baik dari arah kanan maupun dari arah kiri acuan  $0^\circ$  tiap arah angin.

○  $\cos 0^\circ = 1,000$

○  $\cos 6^\circ = 0,995$

○  $\cos 12^\circ = 0,978$

○  $\cos 18^\circ = 0,951$

○  $\cos 24^\circ = 0,914$

○  $\cos 30^\circ = 0,866$

○  $\cos 36^\circ = 0,809$

○  $\cos 42^\circ = 0,743$

Setelah itu semua nilai  $\cos \alpha$  dijumlahkan = 13,551

3. Setelah didapatkan panjang garis yang ditarik tiap-tiap sudut sesuai perhitungan nomer 1, hasil dari tiap panjang garis yang ditarik tersebut kemudian dikalikan dengan nilai  $\cos \alpha$ .

Contoh :

Sudut  $42^\circ$  ke arah kanan diukur dalam tiga arah, yaitu :

Barat (B) = 500,00 km x 0,743

= 371,60 km.

$$\begin{aligned}\text{Barat Laut (BL)} &= 386,53 \text{ km} \times 0,743 \\ &= 287,25 \text{ km.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Utara (U)} &= 463.43 \text{ km} \times 0,743 \\ &= 344,40 \text{ km.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Timur Laut (TL)} &= 427,22 \text{ km} \times 0,743 \\ &= 317,49 \text{ km.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Timur (T)} &= 0 \text{ km} \times 0,743 \\ &= 0 \text{ km.}\end{aligned}$$

Dan pada sudut yang lain.

4. Nilai yang didapatkan pada nomer 3 dijumlahkan dalam tiap arah yang berpengaruh.

Contoh :

$$\begin{aligned}\text{Barat (B)} &= \sum x_i \cos \alpha \\ &= 1533,6 \text{ km.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Barat Laut (BL)} &= \sum x_i \cos \alpha \\ &= 4847,9 \text{ km.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Utara (U)} &= \sum x_i \cos \alpha \\ &= 5666,1 \text{ km.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Timur Laut (TL)} &= \sum x_i \cos \alpha \\ &= 5323,7 \text{ km.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Timur (T)} &= \sum x_i \cos \alpha \\ &= 3479,7 \text{ km.}\end{aligned}$$

5. Apabila sudah dihitung total dari  $\sum x_i \cos \alpha$  tiap-tiap arah (BL, U, dan TL) lalu dihitung panjang fetch efektifnya.

$$\text{Fetch efektif} = \frac{\sum x_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

$$\text{Fetch efektif B} = \frac{1533,6}{13,551} = 113,5 \text{ km}$$

$$\text{Fetch efektif BL} = \frac{4847,9}{13,551} = 360,8 \text{ km}$$

$$\text{Fetch efektif U} = \frac{5666,1}{13,551} = 419,4 \text{ km}$$

$$\text{Fetch efektif TL} = \frac{5232,7}{13,551} = 394,0 \text{ km}$$

$$\text{Fetch efektif T} = \frac{3479,7}{13,551} = 257,5 \text{ km}$$

Tabel 0.5 Perhitungan Panjang Fetch Efektif

$\alpha$	$\cos \alpha$	Xi					Xi.Cos $\alpha$				
		B	BL	U	TL	T	B	BL	U	TL	T
42	0.743	500.0	386.5	463.4	427.2	0.0	371.6	287.2	344.4	317.5	0.0
36	0.809	500.0	465.4	129.1	500.0	0.0	404.5	376.5	104.4	404.5	0.0
30	0.866	198.6	452.4	132.1	500.0	0.0	171.9	391.8	114.4	433.0	0.0
24	0.914	500.0	478.5	456.7	500.0	0.0	456.8	437.1	417.2	456.8	0.0
18	0.951	43.6	500.0	460.1	319.4	0.0	41.4	475.5	437.5	303.7	0.0
12	0.978	35.7	500.0	422.5	368.4	0.0	34.9	489.1	413.2	360.3	0.0
6	0.995	27.6	500.0	411.9	500.0	0.0	27.4	497.3	409.6	497.3	0.0
0	1.000	25.0	500.0	398.5	442.4	500.0	25.0	500.0	398.5	442.4	500.0
6	0.995	0.0	500.0	458.9	133.4	500.0	0.0	497.3	456.4	132.6	497.3
12	0.978	0.0	192.7	465.9	128.3	500.0	0.0	188.5	455.7	125.5	489.1
18	0.951	0.0	205.7	476.1	446.3	500.0	0.0	195.6	452.8	424.5	475.5
24	0.914	0.0	500.0	495.8	449.4	500.0	0.0	456.8	452.9	410.5	456.8
30	0.866	0.0	44.2	500.0	442.8	329.0	0.0	38.3	433.0	383.4	284.9
36	0.809	0.0	31.5	500.0	403.3	500.0	0.0	25.5	404.5	326.3	404.5
42	0.743	0.0	24.7	500.0	410.8	500.0	0.0	18.4	371.6	305.3	371.6
Total	13.511						1533.6	4874.9	5666.1	5323.7	3479.7
Fetch Efektif (Km)							113.5	360.8	419.4	394.0	257.5

Dari Tabel 3.5 tersebut didapatkan hasil fetch efektif setiap arahnya adalah :

- Arah Barat = 113,5 km
- Arah Barat Laut = 360,8 km
- Arah Utara = 419,4 km
- Arah Timur Laut = 394,0 km
- Arah Timur = 257,5 km

Dari kelima arah tersebut, didapat fetch efektif dari arah angin terbesar yaitu arah Barat Laut. Sehingga perhitungan dengan kecepatan angin maximum 58 knot = 29 m/s

Perhitungan prediksi gelombang didasarkan dengan menggunakan nomogram prediksi tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) metode SPM dapat dilihat pada gambar 3.9

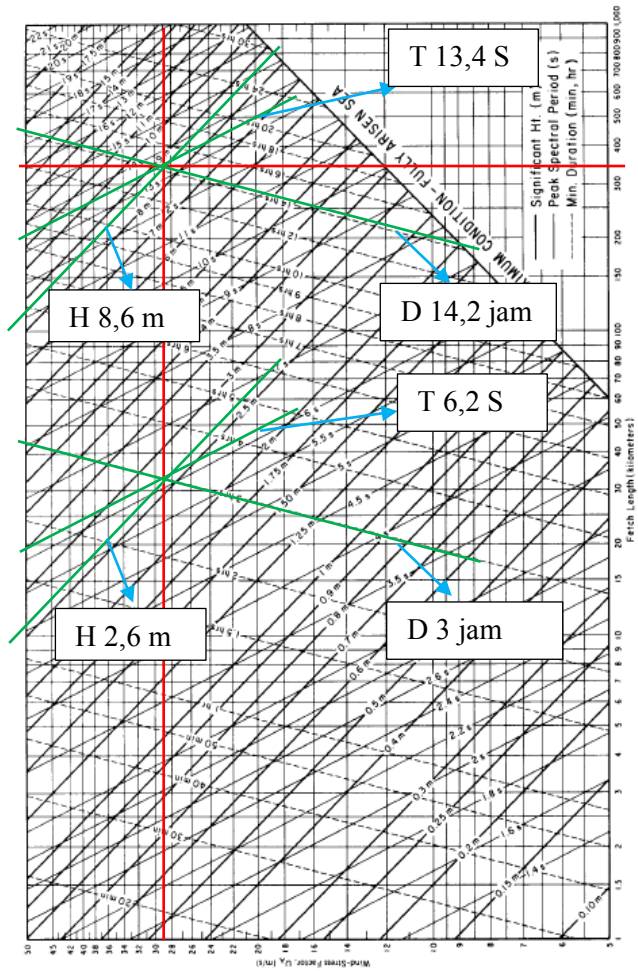


Figure 3-23. Nomograms of deepwater significant wave prediction curves as functions of windspeed, fetch length, and wind duration (metric units).

Gambar 3.9 Nomogram Tinggi Gelombang Signifikan

Didapat untuk fetch efektif arah Barat Laut= 360,8 km dengan kecepatan angin maximum 29 m/s:

- tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) = 8,6 meter
- periode gelombang ( $T$ ) = 13,4 s
- durasi ( $D$ ) = 14,2 jam

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode SMB, tinggi gelombang serta durasi yang dihasilkan sangat tidak mungkin terjadi, sehingga perlu adanya penyesuaian dengan kondisi yang sesungguhnya terjadi pada lapangan. Maka diambil asumsi durasi 3 jam sehingga:

Arah Barat Laut

- tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) = 2,6 meter
- periode gelombang ( $T$ ) = 6,2 s

b. Perhitungan Refraksi

Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan tinggi gelombang arah Barat Laut setelah proses refraksi pada kedalaman -10.0 mLWS :

1. Barat Laut ( $\alpha_0$ ) :  $45^\circ$
2. Tinggi gelombang signifikan  
 $H_0$  = 2,6 meter
3. Periode gelombang  
 $T$  = 6,2 s
4. Panjang gelombang  
 $L_0$  =  $1,56 \times T^2$   
 $L_0$  =  $1,56 \times 6,2^2 = 59,966 \approx 60$

5. Cepat rambat gelombang di laut dalam

$$\begin{aligned} C_o &= L_o/T \\ &= 60/6,2 \\ &= 9,677 \text{ m/s} \end{aligned}$$

6. Menghitung  $d/L_o$  dan  $d/L$

$$\begin{aligned} d/L_o &= 10/60 \\ &= 0.1667 \end{aligned}$$

Sehingga didapat nilai  $d/L$  dari tabel fungsi  $d/L$  untuk pertambahan  $d/L_o$  sebesar 0,1970

Untuk itu di dapat panjang gelombang pada kedalaman yang ditinjau

$$\begin{aligned} L &= d/(d/L) \\ &= 10/0,1970 \\ &= 50,761 \text{ m} \end{aligned}$$

7. Cepat rambat gelombang pada kedalaman yang ditinjau

$$\begin{aligned} C &= L/T \\ &= 50,761/6,2 \\ &= 8,187 \text{ m/s} \end{aligned}$$

8. Mencari harga  $\alpha$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \left( \frac{C}{C_o} \right) \sin \alpha_o \\ &= \left( \frac{8,187}{9,677} \right) \sin 45^\circ \\ &= 0,598 \rightarrow \alpha = 36,727^\circ \end{aligned}$$

9. Koefisien refraksi ( $K_r$ ) dan koefisien pendangkalan ( $K_s$ )

$$\begin{aligned} K_r &= \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 45^\circ}{\cos 36,634^\circ}} \\ &= 0.939 \end{aligned}$$

$$K_s = 0.9132 \text{ (didapat dari tabel)}$$

10. Menghitung tinggi gelombang pada kedalaman yang di tinjau akibat refraksi

$$\begin{aligned} H &= K_s \cdot K_r \cdot H_o \\ &= 0,9132 \times 0,939 \times 2,6 \\ &= 2,229 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka H di ujung break water sebesar 2,229 dari arah Barat Laut



## c. Perhitungan Dfraksi

Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan untuk mengetahui defraksi yang terjadi:

1. menentukan koordinat yang akan menjadi posisi jetty yang dapat dilihat pada gambar 3.10

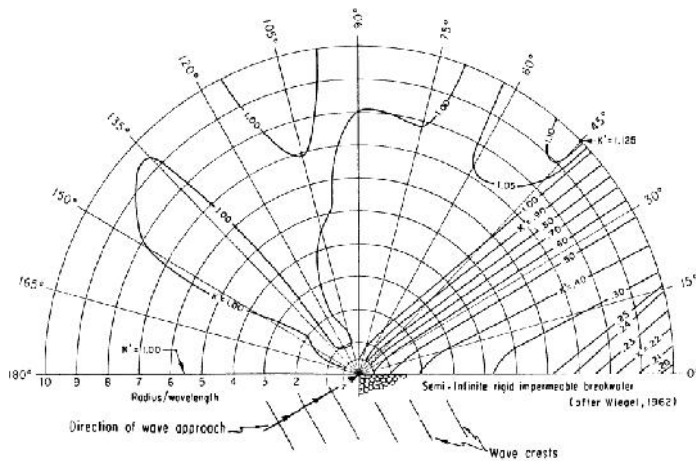


Gambar 3.10 Koordinat Posisi Jetty

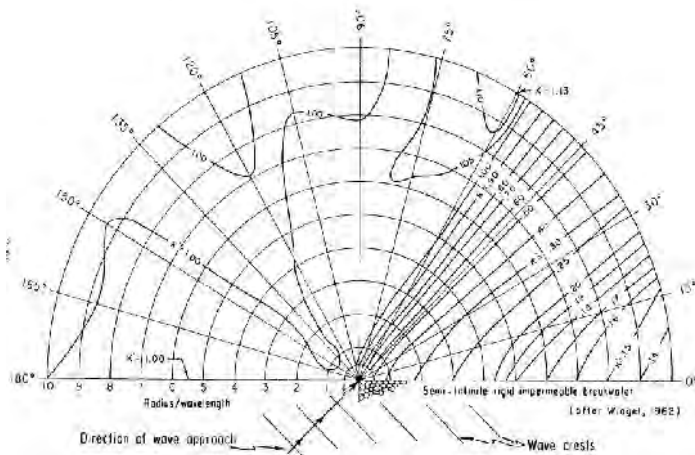
2. Gelombang berasal dari arah Barat Laut maka menggunakan grafik diagram Dfraksi sudut  $36,727^\circ$
3. 
$$r = \sqrt{(240^2 + 50^2)}$$
$$= 245,153 \approx 250 \text{ m}$$
4. 
$$\theta = \tan \theta = \frac{50}{250} \rightarrow \theta = 11,31$$
5. 
$$\frac{r}{L} = \frac{250}{50,761} = 4,925$$
6. Dari gambar 3.11 dan 3.12 didapat nilai K  
 nilai  $K \approx 0,28$  untuk sudut  $30^\circ$   
 nilai  $K \approx 0,195$  untuk sudut  $45^\circ$   
 interpolasi untuk sudut  $36,727^\circ$  nilai K didapat sebesar 0,233
7. Tinggi gelombang dari arah Barat Laut  

$$H = 2,229 \times 0,233 = 0,5194 \text{ meter}$$

Maka didapat tinggi gelombang sebesar 0,434 meter untuk arah Barat Laut.



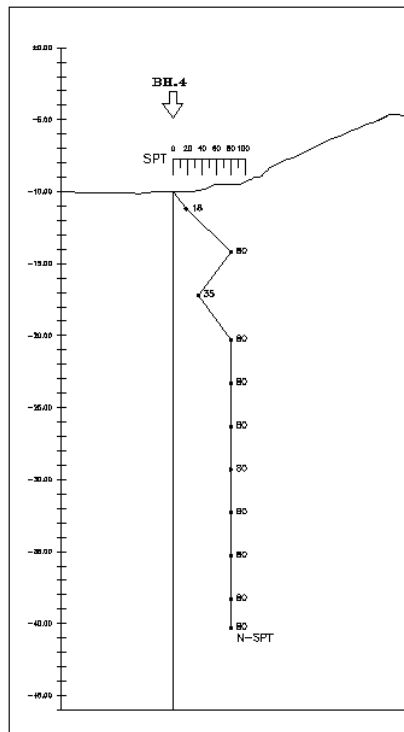
Gambar 3.11 Diagram Defraksi Sudut  $30^\circ$



Gambar 3.12 Diagram Defraksi Sudut  $45^\circ$

### 3.7. Data Tanah dan Analisis Data Tanah

Data tanah digunakan untuk perencanaan struktur bangunan bawah jetty (tiang pancang). Penyelidikan data tanah dilakukan dengan cara boring dan SPT untuk mengetahui karakteristik dari lapisan tanah dan nilai SPT. Data tanah yang digunakan diperoleh dari Adhi Karya berupa data statigrafi tanah beberapa titik bor. Untuk tugas akhir ini data tanah yang digunakan adalah BH.4. Untuk karakteristik lapisan tanah didominasi batu kapur (*lime stone*) dan untuk nilai SPT dapat dilihat pada Gambar 3.11



Gambar 3.11 Nilai SPT Data Tanah Tuban BH.4

## **BAB IV**

### **KRITERIA DESAIN**

#### **4.1. Peraturan yang Digunakan**

Dalam pengerjaan tugas akhir ini digunakan beberapa peraturan sebagai landasan perencanaan, antara lain :

- a. Technical Standards and commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan (2002). Digunakan untuk perhitungan bollard dan fender.
- b. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971). Dipergunakan untuk perhitungan detail penulangan pada poer, pelat dan balok
- c. Peraturan Beton Bertulang Indonesia dengan Cara “n” (1971). Digunakan dalam perencanaan tulangan dengan memakai Perhitungan Lentur Cara “n” ( Ir. Wiratman W. )
- d. Port Designer’s Handbook: Recommendations and Guidelines (Carl A. Thoresen) dipergunakan untuk perhitungan unloading platform, breasting dan mooring dolphin
- e. SNI 03-1726-2012 Standart Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung.
- f. Harbour Approach Channels Design Guidelines PIANC (2014).
- g. Guidelines for the design of fenders systems PIANC (2002).

#### 4.2. Kriteria Kapal Rencana

Kriteria kapal yang digunakan dalam perencanaan jetty muatan aspal menggunakan kapal tanker berukuran 12.000 DWT. Spesifikasi kapal dapat dilihat pada Tabel 4.1. Bentuk kapal dapat dilihat pada gambar 4.1.

Tabel 4.1 Spesifikasi Kapal Tanker 12.000 DWT

Dead Weight Tonnage (DWT)	12.000 DWT
Displacement Tonnage	19.280 ton
Gross Tonnage	6.636 ton
Panjang Kapal (LAO)	144 m
Panjang Perpendicular (LPP)	139,20m
Lebar Kapal (B)	23 m
Draft Kapal (d)	8,94m
Tinggi Kapal (D)	11,44 m
Kapasitas	14,23 m <sup>3</sup>

(Sumber : Thoresen,2014)



Gambar 4.1 Kapal Tanker

### 4.3. Kualitas Bahan

Kualitas bahan sangat menentukan dalam perencanaan, agar bangunan tetap berdiri sesuai umur rencana bangunan maka harus memilih kualitas bahan yang sesuai lingkungan dan seefektif mungkin, sehingga pemilihan bahan struktur ditentukan sebagai berikut:

#### 4.3.1. Beton

Mutu beton yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini menggunakan K 300. Berikut spesifikasi dari mutu beton yang digunakan:

- Kuat tekan karakteristik beton  
 $\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$
- Modulus tekan beton untuk beban tetap  

$$E_b = 6400 \sqrt{\sigma'_{bk}} \quad (\text{PBI 1971})$$

$$= 6400 \sqrt{300}$$

$$= 110851,252 \text{ kg/cm}^2$$
- Tegangan tekan beton akibat lentur dan gaya normal  

$$\sigma'_b = 0,33 \times \sigma'_{bk} \quad (\text{PBI 1971})$$

$$= 1/3 \times 300$$

$$= 100 \text{ kg/cm}^2$$

- Selimut beton

Tebal selimut beton (*decking*) diambil dengan ketentuan untuk pelat dan balok yang berbatasan langsung dengan air laut sebesar 7,0 cm dan yang tidak berbatasan langsung dengan air laut sebesar 3,5 cm.

#### 4.3.2. Baja Tulangan

Mutu baja tulangan yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini menggunakan U 32 . Berikut spesifikasi dari mutu baja tulangan yang digunakan:

- Tegangan leleh karakteristik baja tulangan  
 $\sigma' = 3200 \text{ kg/cm}^2$

- Tegangan tarik yang diijinkan  
 $\sigma'_a = 1280 \text{ kg/cm}^2$
- Tegangan tarik baja rencana  
 $\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$
- Modulus elastisitas  
 $E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

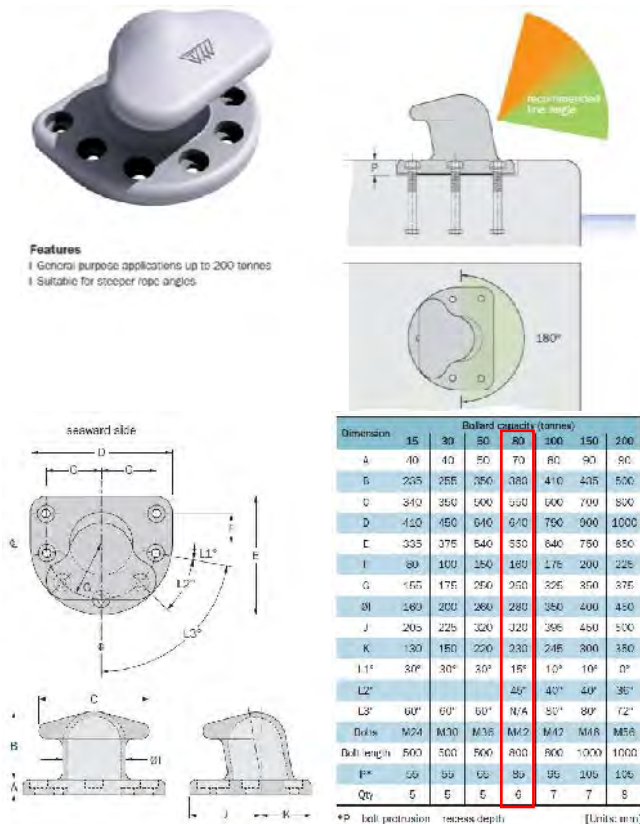
#### 4.3.3. Tiang Pancang

Direncanakan untuk tiang pancang menggunakan tiang pancang pipa baja BJ 50. Terdapat tiga jenis tiang pancang dalam perencanaan yaitu diameter 1000 mm dan 1200 mm. Berikut spesifikasi dari mutu tiang pancang yang digunakan:

- Mutu baja = BJ 50
- Kuat putus =  $5000 \text{ kg/cm}^2$
- Kuat leleh =  $2000 \text{ kg/cm}^2$
- Diameter 800 mm
  - Ketebalan dinding = 19 mm
  - Luas penampang =  $466,2 \text{ cm}^2$
  - Berat =  $366 \text{ kg/m}$
  - Momen inersia =  $356000 \text{ cm}^4$
  - Modulus penampang =  $8890 \text{ cm}^3$
- Diameter 1000 mm
  - Ketebalan dinding = 19 mm
  - Luas penampang =  $585,6 \text{ cm}^2$
  - Berat =  $460 \text{ kg/m}$
  - Momen inersia =  $705000 \text{ cm}^4$
  - Modulus penampang =  $14100 \text{ cm}^3$
- Diameter 1200 mm
  - Ketebalan dinding = 19 mm
  - Luas penampang =  $704,9 \text{ cm}^2$
  - Berat =  $553 \text{ kg/m}$
  - Momen inersia =  $1230000 \text{ cm}^4$
  - Modulus penampang =  $20500 \text{ cm}^3$

#### 4.3.4. Boulder

Direncanakan untuk boulder menggunakan Tee Bollards. Untuk perhitungan boulder dapat dilihat pada Bab IV subbab 4.4.3, hasil yang didapat dari perhitungan gaya boulder yang didapat sebesar 70 ton. Maka bollards yang direncanakan menggunakan kapasitas 80 ton. Berikut spesifikasi dari Tee Bollards dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Spesifikasi Tee Bollards

(sumber : Trelleborg Marine Systems, 2007)

Spesifikasi baut untuk bollard adalah baut tipe M42 dengan spesifikasi dapat dilihat pada gambar 4.4



### 4.3.5. Fender

#### 1. Pemilihan tipe fender

Direncanakan untuk fender menggunakan tipe *Super Cone Fender* (SCN) . Untuk perhitungan fender dapat dilihat pada bab IV subbab 4.4.3, hasil yang didapat dari perhitungan  $E_a = 55,018$  ton meter. Maka direncanakan tipe fender SCN 1000-E2.6 dapat dilihat pada tabel 4.2 . Berikut spesifikasi dari *fender* yang digunakan, untuk dimensi dapat dilihat pada tabel 4.3 dan gambar 4.3:

- Tipe fender = SCN 1000 – E2.6
  - Energi = 553 kNm
  - Reaksi = 1067 kN
- Defleksi = 72 %

Tabel 4.2 Rate Performance Data

		E2.1	E2.2	E2.3	E2.4	E2.5	E2.6	E2.7	E2.8	E2.9	E3.0	E3.1	E/R (s)
SCN 300	$E_R$	11.8	12.1	12.4	12.7	13.0	13.3	13.5	13.8	14.1	14.4	15.9	0.138
	$R_R$	84	86	89	91	93	95	97	100	102	104	114	
SCN 350	$E_R$	19	19.4	19.9	20.3	20.8	21.3	21.7	22.2	22.6	23.1	25.4	0.163
	$R_R$	114	117	120	123	126	129	132	135	138	141	155	
SCN 400	$E_R$	28.3	29	29.7	30.4	31.1	31.8	32.5	33.2	33.9	34.6	38.1	0.186
	$R_R$	149	153	157	161	165	169	173	177	181	185	204	
SCN 500	$E_R$	55.4	56.7	58.1	59.4	60.8	62.2	63.5	64.9	66.2	67.6	74.4	0.232
	$R_R$	233	239	246	252	258	264	270	277	283	289	318	
SCN 550	$E_R$	74	76	77	79	81	83	85	86	88	90	99	0.256
	$R_R$	283	290	298	305	313	320	328	335	343	350	385	
SCN 600	$E_R$	93	96	99	102	105	108	111	114	117	120	132	0.290
	$R_R$	324	332	341	349	358	366	375	383	392	400	440	
SCN 700	$E_R$	169	173	177	181	185	189	193	197	201	205	226	0.364
	$R_R$	462	474	486	498	510	522	534	546	558	570	627	
SCN 800	$E_R$	252	258	265	271	278	284	291	297	304	310	341	0.414
	$R_R$	606	621	637	652	668	683	699	714	730	745	820	
SCN 900	$E_R$	355	364	374	383	393	402	412	421	431	440	484	0.466
	$R_R$	765	785	805	825	845	865	885	905	925	945	1040	
SCN 950	$E_R$	418	429	440	451	463	473	485	496	507	518	570	0.492
	$R_R$	853	875	897	919	941	963	986	1008	1030	1052	1158	
SCN 1000	$E_R$	488	501	514	527	540	553	566	579	592	605	666	0.518
	$R_R$	945	969	994	1018	1043	1067	1092	1116	1141	1165	1282	
SCN 1050	$E_R$	565	580	595	610	625	640	655	670	685	700	770	0.544
	$R_R$	1042	1069	1096	1123	1150	1177	1204	1231	1258	1285	1414	
SCN 1100	$E_R$	652	669	686	703	720	737	754	771	788	805	886	0.571
	$R_R$	1145	1174	1204	1233	1263	1292	1322	1351	1381	1410	1551	
SCN 1200	$E_R$	847	869	891	913	935	957	979	1001	1023	1045	1150	0.622
	$R_R$	1361	1396	1432	1467	1503	1538	1574	1609	1645	1680	1848	
SCN 1300	$E_R$	1074	1102	1131	1159	1188	1216	1245	1273	1302	1330	1463	0.674
	$R_R$	1597	1638	1680	1721	1763	1804	1846	1887	1929	1970	2167	
SCN 1400	$E_R$	1341	1376	1412	1447	1483	1518	1554	1589	1625	1660	1826	0.725
	$R_R$	1853	1901	1949	1997	2045	2093	2141	2189	2237	2285	2514	
SCN 1600	$E_R$	2003	2056	2109	2162	2215	2268	2321	2374	2427	2480	2728	0.830
	$R_R$	2418	2480	2543	2605	2668	2730	2793	2855	2918	2980	3278	
SCN 1800	$E_R$	2851	2926	3002	3077	3153	3228	3304	3379	3455	3530	3883	0.932
	$R_R$	3060	3139	3219	3298	3378	3457	3537	3616	3696	3775	4153	
SCN 2000	$E_R$	3904	4008	4112	4216	4320	4424	4528	4632	4736	4840	5324	1.039
	$R_R$	3778	3876	3974	4072	4170	4268	4366	4464	4562	4660	5126	

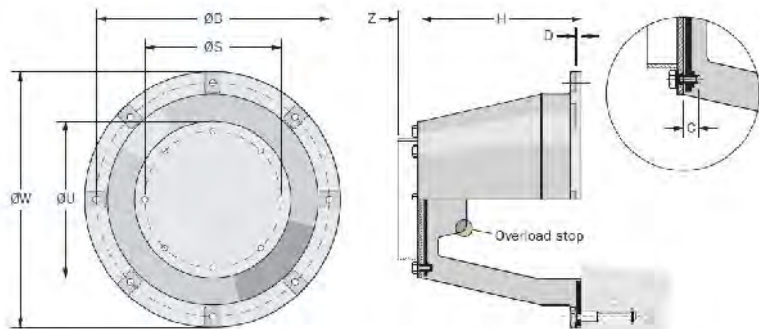
\*in accordance with PIANC.

[Units: kNm, kN]

(sumber : Trelleborg Marine Systems,2007)

Tabel 4.3. Dimensi Fender SCN 1000

SCN 1000	H	1000	D	40 – 50	Weight 1125
	ØW	1600	ØB	1460	
	V	-	ØS	855	
	ØU	980	Anchors	6 x M36	
	C	50 - 65	Z <sub>min</sub>	150	



Gambar 4.3 Dimensi Fender SCN 1000  
(sumber : Trelleborg Marine Systems,2007)

Spesifikasi baut untuk fender menggunakan adalah baut tipe M36 dengan spesifikasi dapat dilihat pada gambar 4.4

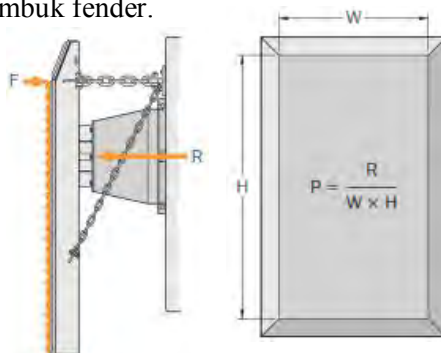
Unit: mm

d	P	b				d <sub>1</sub>				h			
		1A<25	1B≤1A<25	2A≤1	2B≤2	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
M3	0.5	12	20	38	5.45	4.50	5.375	5.175	4	1.32			
M3	1	14	24	37	6.40	5.50	6.375	6.175	17	3.70			
M3	1.25	22	28	41	8.50	7.40	8.275	8.075	17	12.67			
M3	1.5	25	32	46	13.50	9.40	10.275	10.075	18	15.67			
M3	1.75	30	36	48	13.70	11.70	12.575	12.375	18	17.67			
M4	0.5	30	40	55	12.70	10.70	11.575	11.375	20	20.15			
M4	1	36	46	57	13.70	11.70	12.575	12.375	20	22.15			
M4	1.5	42	48	61	13.70	17.30	18.175	17.975	27	25.15			
M4	1.75	48	50	68	23.50	13.70	14.575	14.375	28	28.15			
M5	0.5	35	46	65	14.70	12.70	13.575	13.375	24	31			
M5	1	40	50	72	14.70	14.70	15.575	15.375	27	34			
M5	1.25	50	56	75	27.50	20.70	21.575	21.375	31	42			
M5	1.5	60	72	85	33.50	23.70	24.575	24.375	35	45			
M6	0.5	40	50	70	16.70	14.70	15.575	15.375	26	36			
M6	1	45	55	77	16.70	16.70	17.575	17.375	29	39			
M6	1.25	55	65	88	27.50	23.70	24.575	24.375	33	45			
M6	1.5	65	75	97	33.50	23.70	24.575	24.375	37	50.5			
M8	0.5	45	55	75	17.70	15.70	16.575	16.375	28	38			
M8	1	50	60	82	17.70	17.70	18.575	18.375	31	41			
M8	1.25	60	70	92	27.50	23.70	24.575	24.375	35	45			
M8	1.5	70	80	102	33.50	23.70	24.575	24.375	39	50.5			
M10	0.5	50	60	80	19.70	17.70	18.575	18.375	30	40			
M10	1	55	65	87	19.70	19.70	20.575	20.375	33	43			
M10	1.25	65	75	97	27.50	23.70	24.575	24.375	37	47			
M10	1.5	75	85	107	33.50	23.70	24.575	24.375	41	52.5			
M12	0.5	55	65	85	21.70	19.70	20.575	20.375	32	42			
M12	1	60	70	92	21.70	21.70	22.575	22.375	35	45			
M12	1.25	70	80	102	27.50	23.70	24.575	24.375	39	49			
M12	1.5	80	90	112	33.50	23.70	24.575	24.375	43	54			
M14	0.5	60	70	90	23.70	21.70	22.575	22.375	34	44			
M14	1	65	75	97	23.70	23.70	24.575	24.375	37	47			
M14	1.25	75	85	107	27.50	23.70	24.575	24.375	41	51			
M14	1.5	85	95	117	33.50	23.70	24.575	24.375	45	56			

Gambar 4.4 Spesifikasi Dimensi Baut

## 2. Kontrol Kontak lambung Kapal

Fender SCN perlu dipasang panel/frontal frame seperti dapat dilihat pada gambar 4.5 yang berfungsi mengamankan badan kapal ketika menumbuk fender.



Gambar 4.5 Desain Panel Fender SCN  
(sumber : Trelleborg Marine Systems,2007)

Perencanaan dimensi panel dapat dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{\sum R}{W \cdot H} < P_p$$

Dimana:

P = tekanan kontak lambung kapal

$\sum R$  = reaksi maksimum dari fender

W = lebar panel

H = tinggi panel

$P_p$  = tekanan kontak ijin (Tabel 4.4)

Tabel 4.4 Tekanan Kontak Ijin

Vessel type	Size/class	Hull pressure (kN/m <sup>2</sup> )
Container ships	< 1000 teu (1st/2nd generation)	< 400
	< 3000 teu (3rd generation)	< 300
	< 8000 teu (4th generation)	< 250
	> 8000 teu (5th/6th generation)	< 200
General cargo	≤ 20000 DWT	400–700
	> 20000 DWT	< 400
Oil tankers	≤ 20000 DWT	< 250
	≤ 60000 DWT	< 300
	> 60000 DWT	150–200
Gas carriers	LNG/LPG	< 200
Bulk carriers		< 200
RoRo Passenger/cruise SWATH		Usually fitted with beltings (strakes)

Source: PIANC 2002; Table 4.4.1

(sumber : Trelleborg Marine Systems,2007)

Rencana perhitungan panel pada fender :

W = 1 m;

H = 2 m, maka

$$P = \frac{\sum R}{W \cdot H} < P_p$$

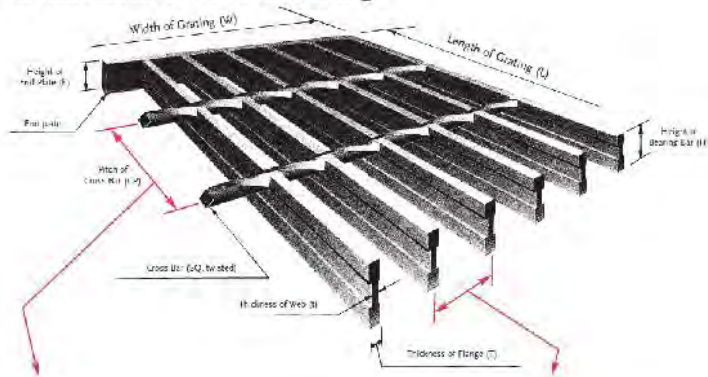
$$P = \frac{177kN}{1,5m \cdot 3m} = 39,333kN/m^2 < 250kN/m^2$$

Jadi panel fender dengan ukuran 1,5 m x 3 m dapat digunakan dan aman untuk ditambahi.

#### 4.3.6. Catwalk

Direncanakan untuk pelat injak (*Platform Grating*) catwalk menggunakan pelat injak yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan spesifikasi pelat injak sebagai berikut :

##### Construction of Platform Grating



Pitch of Cross Bar 100mm

Pitch of Bearing Bar 30mm

Gambar 4.6 Pelat I Bar grating  
(sumber : Green eco catalogue)

struktur catwalk menggunakan profil *Circular Hollow section* (CHS). Untuk perhitungan catwalk dapat dilihat pada Bab VI subbab 6.5 perhitungan catwalk, Berikut spesifikasi yang digunakan:

#### CHS Balok Utama

- *Outside diameter (D)* : 165,2 mm
- *Wall thickness (t)* : 6 mm
- *Modulus young (E)* : 2100000 kg/cm<sup>2</sup>
- *Sectional area (A)* : 30,01 cm<sup>2</sup>
- *Moment of Inertia (I)* : 952 cm<sup>4</sup>
- *Yield Strength ( $\sigma$ )* : 4100 kg/cm<sup>2</sup>
- *Tensile Strength ( $f_u$ )* : 1640 kg/cm<sup>2</sup>
- *Length (l)* : 200 cm
- *Jari – jari girasi (r)* : 5,63 cm

#### CHS kerangka

- *Outside diameter (D)* : 89,1 mm
- *Wall thickness (t)* : 4 mm
- *Modulus young (E)* : 2100000 kg/cm<sup>2</sup>
- *Sectional area (A)* : 10,69 cm<sup>2</sup>
- *Moment of Inertia (I)* : 97 cm<sup>4</sup>
- *Yield Strength ( $\sigma$ )* : 4100 kg/cm<sup>2</sup>
- *Tensile Strength ( $f_u$ )* : 1640 kg/cm<sup>2</sup>
- *Length (l)* : 200 cm
- *Jari – jari girasi (r)* : 3,01 cm

### 4.4. Pembebanan

#### 4.4.1 Beban Gempa

Jenis Tanah = Batuan Keras (SA)

Lokasi = Kabupaten Tuban

Fungsi Bangunan = Pelabuhan

a. Menentukan  $S_{DS}$  dan  $S_1$

$S_{DS}$  merupakan parameter percepatan respon spektral pada periode pendek.  $S_1$  merupakan parameter percepatan respon spektral pada periode 1 detik.

Berdasarkan peta pada gambar 2.5 dan gambar 2.6 didapatkan

$$S_s = 0,7$$

$$S_1 = 0,25$$

- b. Menentukan  $F_a$  dan  $F_v$

Berdasarkan tabel 2.4 dan 2.5 didapatkan

$$F_a = 0,8$$

$$F_v = 0,8$$

- c. Menentukan nilai  $S_{MS}$  dan  $S_{M1}$  dengan rumus sebagai berikut

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s$$

$$= 0,8 \cdot 0,7$$

$$= 0,56$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1$$

$$= 0,8 \cdot 0,25$$

$$= 0,2$$

- d. Menentukan nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  dengan rumus sebagai berikut

$$S_{DS} = 2/3 \cdot S_{MS}$$

$$= 2/3 \cdot 0,56$$

$$= 0,373$$

$$S_{D1} = 2/3 \cdot S_{M1}$$

$$= 2/3 \cdot 0,2$$

$$= 0,133$$

- e. Menentukan Nilai  $T_0$  dan  $T_s$  dengan rumus sebagai berikut

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS}$$

$$= 0,2 \frac{0,133}{0,373}$$

$$= 0,071$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS}$$

$$= \frac{0,133}{0,373}$$

$$= 0,357$$

- f. Menentukan Nilai  $S_a$

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

$$T_a = C_t \cdot x \cdot H_n$$

$$= 0,0466 \cdot 0,9 \cdot 20$$

$$= 0,839$$

$$T_0 < T_a < T_s \rightarrow 0,071 < 0,839 > 0,357$$

Maka untuk periode lebih besar dari  $T_s$  spektrum respon percepatan desain ( $S_a$ ) diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{SD1}{T}$$

Dimana  $T$  = Periode getar fundamental struktur

$$\begin{aligned} S_a &= \frac{0,133}{0,839} \\ &= 0,159 \end{aligned}$$

g. Menentukan faktor keutamaan bangunan ( $I$ )

Dermaga termasuk katagori resiko III, maka didapatkan

$$I = 1,25$$

h. Menghitung faktor reduksi beban gempa ( $R^a$ )

Sistem struktur adalah SRPMM dari beton, maka didapatkan

$$R = 5$$

i. Menghitung waktu getar ( $T$ )

$$T_a = 0,839$$

$$\begin{aligned} C_{shasil} &= \frac{SDs}{\frac{R}{I}} \\ &= \frac{0,373}{\frac{5}{1,25}} \\ &= 0,093 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{smaksimum} &= \frac{SD1}{T \cdot \frac{R}{I}} \\ &= \frac{0,133}{0,839 \cdot \frac{5}{1,25}} \\ &= 0,040 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{smin} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I \\ &= 0,044 \cdot 0,373 \cdot 1,25 \\ &= 0,021 > 0,01 \dots \text{Ok} \end{aligned}$$



#### 4.4.2 Beban Vertikal

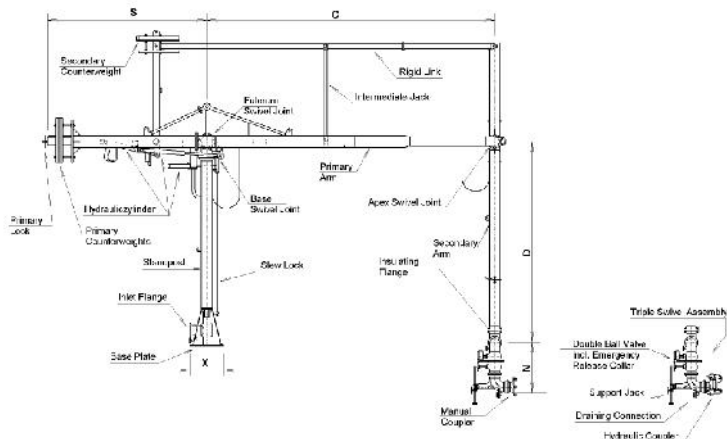
Beban vertikal yang bekerja di jetty meliputi berat sendiri, beban hidup, dan beban alat. Untuk berat sendiri konstruksi dimana berat jenis beton bertulang sebesar  $2,9 \text{ ton/m}^3$ . Untuk beban hidup merupakan beban merata akibat muatan (beban pangkalan) sebesar  $3 \text{ t/m}^2$ . Untuk beban alat terdiri dari *marine loading arm*, *tower gangway*, *fire Monitor Tower* dan Jib crane.

##### a. *Marine Loading Arm*

Direncanakan untuk *marine loading arm* menggunakan Marine Loading Arm B0030. Berikut spesifikasi Spesifikasi Marine Loading Arm B0030 dapat dilihat pada tabel 4.5 dan gambar 4.7. Spesifikasi dimensi pipa dapat dilihat pada table 4.6.

Tabel 4.5 Dimensi Marine Loading Arm B0030

Size	A+B	C	N	Flow rate	Bending moment
Inch	Mm	Mm	Mm	$\text{M}^3/\text{h}$	kN/m
	7000	11000	1040	2500	
12	X	D	S	weight	340
	Mm	Mm	Mm	kN	
	1500	11000	6250	157	



Gambar 4.7 Marine Loading Arm B0030  
(sumber : Katalog Emco Wheaton)

Tabel 4.6 Spesifikasi Pipa

NOMINAL PIPE SIZE		OD		SCHEDULE DESIGNATIONS		WALL THICKNESS		WEIGHT		ID	
INCH	MM	INCH	MM	ASME		INCH	MM	LBS/FOOT	KG/METER	INCH	MM
12	300	12.750	323.8	20 30 STD 40 XS 60 80 100 120 140 160	5S 10S 40S 80S XX	0.156	3.96	21.00	31.24	12.438	315.88
						0.180	4.57	24.19	35.98	12.390	314.66
						0.188	4.78	25.25	37.61	12.374	314.24
						0.250	6.35	33.41	49.71	12.250	311.10
						0.330	8.38	43.81	65.19	12.090	307.04
						0.375	9.53	49.61	73.86	12.000	304.74
						0.406	10.31	53.57	79.71	11.938	303.18
						0.500	12.70	65.48	97.44	11.750	298.40
						0.562	14.27	73.22	108.93	11.626	295.26
						0.688	17.48	88.71	132.05	11.374	288.84
						0.844	21.44	107.42	159.67	11.062	280.92
						1.000	25.40	125.61	186.92	10.750	273.00
						1.125	28.58	139.81	208.08	10.500	266.64
						1.312	33.32	160.42	238.69	10.126	257.16

b. *Tower Gangway*

Direncanakan untuk *tower gangway* menggunakan *tower gangway Column (LX02)*. Berikut spesifikasi Spesifikasi *tower gangway* dapat dilihat pada tabel 4.7 dan gambar 4.8.

Tabel 4.7 Spesifikasi Tower Gangway

Desain beban	600	Kg
Tekanan angin max pada saat operasi	250	N / m <sup>2</sup>
Tekanan angin max pada tidak ada operasi	1200	N / m <sup>2</sup>
Suhu	-15 – 45	°C
Kapal yang dapat dilayani	10000 – 100000	DWT
Lebar Ladder Gangway	800	Mm
Luffing sudut	-50 ~ +80	°
Jumlah Power	≤ 15	KW
Tinggi	≤ 20	M
Berat	≤ 40	Ton
Seismic	7	Magnitude
Desain Layanan	15	Tahun

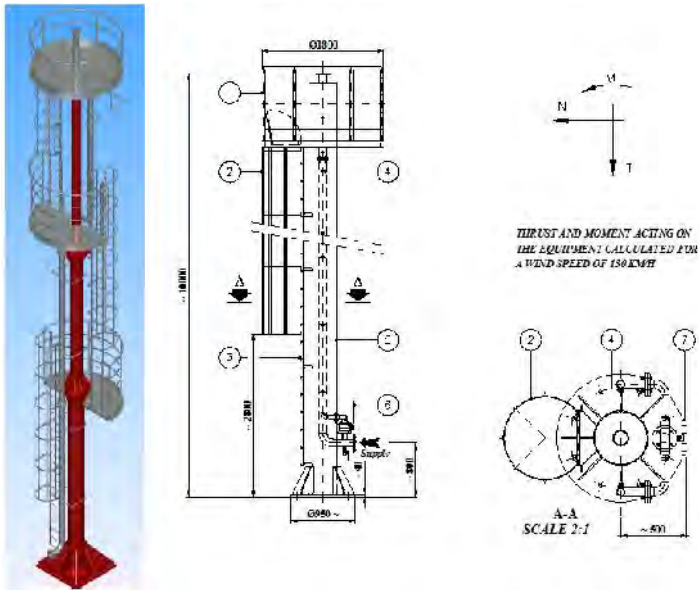


Gambar 4.8 *Tower Gangway Column (LX02)*  
(sumber : <http://www.lexxonco.com/> )

c. *Fire Monitor Tower*

Berikut spesifikasi *fire Monitor Tower* dapat dilihat pada gambar 4.9. Spesifikasi alat sebagai berikut :

- Berat alat = 1675 Kg
- Tinggi alat = 10 meter
- Diameter pipa = 6 inch
- Tekanan maksimum = 12 bar



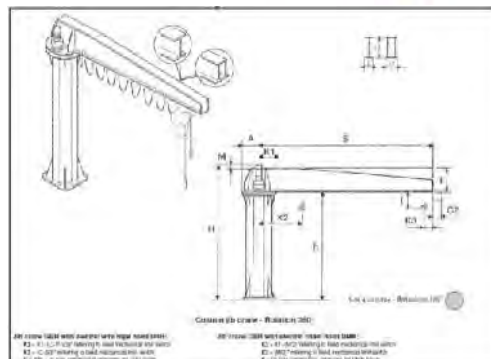
Gambar 4.9 Fire Monitor Tower  
(sumber : Katalog Leader)

d. *Jib Crane*

Direncanakan untuk *Jib crane* menggunakan Jib crane electrical rotated column version – series GBR. Berikut spesifikasi *Jib crane* dapat dilihat pada tabel 4.11 dan gambar 4.10.

Tabel 4.11 Spesifikasi Jib crane

Lifting capacity kg	Arm m	Size of jib crane	GBR series column mounted jib crane – Electrically rotated at 360° continuously													Weight kg	Column m
			Type	Under beam h	Overall dimensions (mm)							Arm speed rotation rpm	Max. jib load kg	Max. jib load kN	Max. jib load kN		
					H	EL	A	M	T	L	LS						
4	3		GBR40	4000	4385	725	425	112	675	—	300	3.98	22.9	0.37	233	120	176.5
4.5	4		GBR45	4500	4920	738	438	92	724	—	300	3.79	21.7	0.34	284	184	240.4
5	5		GBR50	5000	5529	778	468	87	773	—	300	3.49	21.1	0.34	336	187	291.6
5.5	5		GBR55	5500	5973	836	506	102	723	—	300	3.46	22.7	0.35	363	183	241.5
6	5		GBR60	6000	6513	836	506	119	776	—	300	3.46	24.8	0.35	401	183	266.0
6.5	5		GBR65	6500	6813	836	506	89	826	—	300	3.33	21.5	0.35	446	183	283.0
7	5		GBR70	7000	7013	836	506	89	826	—	300	3.33	25.1	0.35	485	183	293.0
7.5	5		GBR75	7500	7513	836	506	89	826	—	300	3.37	24.8	0.35	525	183	296.0
8	5		GBR80	8000	8012	838	500	72	830	—	300	3.33	26.5	0.35	567	183	309.0
8.5	5		GBR85	8500	8522	838	500	122	830	—	300	3.34	28.3	0.35	608	183	319.0
9	5		GBR90	9000	8922	838	500	122	830	—	300	3.26	29.4	0.35	649	183	329.0
9.5	5		GBR95	9500	9032	838	500	122	830	—	300	3.41	24.4	0.35	691	183	339.0
10	5		GBR100	10000	9532	923	521	122	830	—	300	3.33	29.8	0.35	733	183	349.0
10.5	5		GBR105	10500	9532	923	521	122	830	—	300	3.33	21.8	0.35	772	183	359.0



Gambar 4.10 Jib Crane  
(sumber : Donati Sollevamenti S.r.l.)

#### 4.4.3 Beban horizontal

Beban horizontal yang bekerja di jetty meliputi beban tarikan kapal dan beban tumbukan kapal.

##### a. Beban Tarikan Kapal

- Gaya Tarik Boulder

Dari Tabel 2.1 didapat bahwa gaya tarik kapal rencana 12.000 DWT dengan GRT sebesar 6.636 ton didapat gaya tarik kapal sebesar 70 ton. Direncanakan ukuran boulder adalah 64 x 55 cm.

- Gaya Tekan Angin

Berdasarkan Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 didapat data kecepatan angin terbesar 25 m/s dari arah utara dan 26,5 m/s dari arah timur. Pada perhitungan ini dicari gaya tekan angin dengan rumus :

$$R_x = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot U^2 \cdot A_T \cdot C_x$$

$$R_y = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot U^2 \cdot A_L \cdot C_y$$

Dimana :

$\rho_a$  = Massa jenis angin  $1,23 \times 10^{-3} \text{ (t/m}^3\text{)}$

$U$  = Kecepatan angin (m/s)

$A_T$  = Lebar kapal x freeboard kapal  
 $= 23 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 92 \text{ m}^2$

$A_L$  = Panjang Seluruh kapal x freeboard kapal  
 $= 144 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 576 \text{ m}^2$

$C_x$  = koefisien gesek arah melintang = 0,5

$C_y$  = koefisien gesek arah memanjang = 1,3

$$\begin{aligned} R_x &= \frac{1}{2} \cdot 1,23 \times 10^{-3} \cdot 26,5^2 \cdot 92 \cdot 0,5 \\ &= 19,867 \text{ kN} \\ &= 1,987 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dibagi 6 bouldard gaya menjadi 0,3311 ton

$$\begin{aligned} R_y &= \frac{1}{2} \cdot 1,23 \times 10^{-3} \cdot 25^2 \cdot 828 \cdot 1,3 \\ &= 413,741 \text{ kN} = 41,374 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dibagi 6 bouldard gaya menjadi 6,896 ton

- Gaya akibat tarik arus

Kecepatan arus dominan yang terjadi sebesar 0,95 m/s. Pada perhitungan ini dicari gaya tarik arus dengan rumus :

$$R_f = 0,0014 \cdot S \cdot V^2 \text{ (searah kapal)}$$

$$R = 0,5 \cdot \rho_0 \cdot C \cdot V^2 \cdot B \text{ (tegak lurus kapal)}$$

Dimana :

$$R_f = \text{Beban tambat akibat arah arus sejajar kapal (ton)}$$

$$R = \text{Beban tambat akibat arah arus tegak lurus kapal (ton)}$$

$$V = \text{Kecepatan arus}$$

$$S = \text{luas kapal yang tenggelam dalam keadaan penuh (m}^2\text{)}$$

$$= 0,85 \times \text{panjang seluruh kapal (LOA)} \times \text{lebar kapal (B)}$$

$$= 0,85 \times 144 \times 23 = 2815,2 \text{ m}^2$$

$$\rho_0 = \text{Massa jenis air laut} = 1,03 \text{ t/m}^3$$

$$C = \text{koefisien tekan arus} = 2$$

$$B = \text{Proyeksi luas lambung kapal dibawah permukaan air (m}^2\text{)}$$

$$= B \times \text{Draft kapal}$$

$$= 23 \times 8,94$$

$$= 205,62 \text{ m}^2$$

$$R_f = 0,0014 \cdot 2815,2 \cdot 0,95^2$$

$$= 3,557 \text{ kN} = 0,3557 \text{ ton}$$

$$R = 0,5 \cdot 1,03 \cdot 2 \cdot 0,95^2 \cdot 2815,2$$

$$= 2616,940 \text{ kN} = 261,694 \text{ ton}$$

Dibagi 6 bouldar gaya menjadi 43,616

Tabel 4.9 Gaya Tambat yang Menentukan

Bobot Kapal	Gaya Tarik Boulder (ton)		
	Gaya Boulder	Gaya Angin	Gaya Arus
12.000 DWT	70	6,896	43,616

Sesuai dengan tabel 4.9 gaya boulder yang dipakai adalah gaya boulder 70 Ton.



b. Beban Tumbukan Kapal

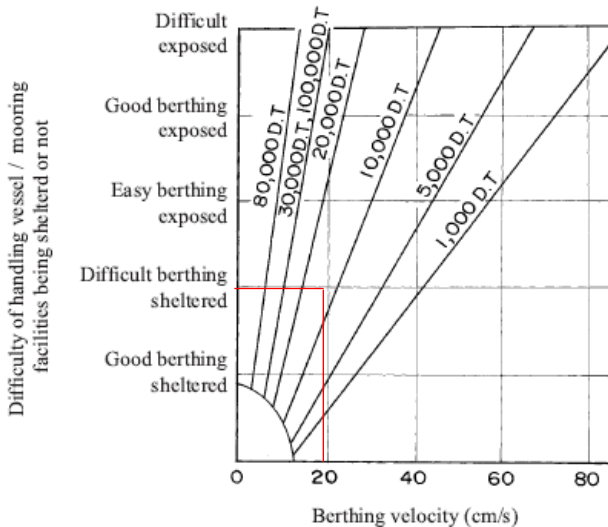
Sistem fender direncanakan terhadap tumbukan kapal rencana 12.000 DWT. Dengan kecepatan bertambat kapal  $V = 0,19$  m/s didapat dari gambar 4.11 karena kapal dipandu oleh tugboats maka kecepatan yang dipakai  $V = 0.15$  m/s. data kapal dapat dilihat di bab IV sub bab 4.2 Kriteria Kapal Rencana

Energi tumbukan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$E = \frac{WV^2}{2g} \times C_H \times C_e \times C_s \times C_c$$

Dimana:

W = displacement = 19280 ton



Gambar 4.11 Grafik Berthing Velocity

(sumber : Technical Standards And Commentaries For Port And Harbour Facilities In Japan, 2002)

- Koefisien massa hidrodinamis ( $C_H$ )

$$C_H = 1 + \frac{2\pi \times D}{2 C_b \times B} \text{ atau } C_H = 1 + \frac{2D}{B}$$

Dimana

$$C_b = 1 + \frac{w}{\text{Draft} \times L_{pp} \times B \times \gamma_o}$$

$$C_b = 1 + \frac{19280}{8,94 \times 139,2 \times 23 \times 1,03}$$

$$C_b = 1,6540$$

$$C_H = 1 + \frac{2\pi \times 8,94}{2 \times 1,6540 \times 23}$$

$$C_H = 1,738$$

atau

$$C_H = 1 + \frac{2D}{B}$$

$$C_H = 1 + \frac{2 \times 8,94}{23}$$

$$C_H = 1,777$$

- Koefisien eksentrisitas ( $C_e$ )

Jenis struktur tempat berlabuh kapal dolphin berths dan berdasarkan gambar 2.5 kondisi yang paling kritis adalah Midships berthing tetapi dilapangan sangat jarang kapal merapat dengan tipe Midships berthing karena sangat riskan terhadap kapal, muatan dan struktur. Maka dipilih tipe Third-point berthing dengan koefisien 0,6 - 0,8.

Nilai  $C_e = 0,8$

- Koefisien kekerasan ( $C_e$ )

$C_s = 1$  (soft fenders) tidak ada deformasi

- Koefisien bentuk dari tambatan ( $C_c$ )

$C_c = 1$  (untuk jetty)

- Koefisien eksentrisitas ( $C_e$ )

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$E = \frac{19280 \times 0,15^2}{2 \times 9,81} \times 1,777 \times 0,8 \times 1 \times 1$$

$$E = 31,439 \text{ tonm}$$

- Kondisi kapal merapat abnormal

$$E_a = F_s \times E$$

Dimana didapat  $F_s$  dari tabel 2.7

$$F_s = 1,75 \text{ (Tanker smallest)}$$

$$E_a = 1,75 \times 31,439$$

$$E_a = 55,018 \text{ tonm} = 550,18 \text{ kNm}$$

#### 4.4.4 Pembebanan Pada Mooring Dolphin

Adapun beban yang ada sebagai berikut :

##### a. Beban Vertikal

- Beban mati

- Berat beton bertulang  $= 2,9 \text{ ton/m}^3 \times 1 \text{ m}$   
 $= 2,9 \text{ ton/m}^2$
- Berat boulder  $= 0,1 \text{ ton}$
- Beban catwalk 1  $= 4,95 \text{ ton}$
- Beban catwalk 2  $= 4,85 \text{ ton}$

Untuk pemodelan struktur dengan menggunakan program SAP 2000, berat poer akan didefinisikan sendiri oleh program SAP 2000. Beban catwalk didapat dari reaksi tumpuan yang diperoleh dari pemodelan catwalk.

- Beban Hidup

- Beban hidup  $= 0,5 \text{ ton/m}^2$
- Beban air hujan setebal 5 cm  $= 0,05 \times 1 = 0,05 \text{ ton/m}^2$

##### b. Beban Horizontal

Beban tarikan kapal yang didapat sebesar 70 ton, perhitungan dapat dilihat pada subbab 4.4.3 poin satu beban tarik kapal.

##### c. Beban Gempa

Beban gempa didapat dari program SAP 2000 menggunakan Respon Spektrum.

#### 4.4.5 Pembebanan Pada Breasting Dolphin

Adapun beban yang ada sebagai berikut :

##### a. Beban Vertikal

###### • Beban mati

- Berat beton bertulang  $= 2,9 \text{ ton/m}^3 \times 1 \text{ m}$   
 $= 2,9 \text{ ton/m}^2$
- Berat fender  $= 1,125 \text{ ton}$
- Beban catwalk 2  $= 4,85 \text{ ton}$
- Beban catwalk 3  $= 3,72 \text{ ton}$

Untuk pemodelan struktur dengan menggunakan program SAP 2000, berat poer akan didefinisikan sendiri oleh program SAP 2000. Beban catwalk didapat dari reaksi tumpuan yang diperoleh dari pemodelan catwalk.

###### • Beban Hidup

- Beban Hidup  $= 0,5 \text{ ton/m}^2$
- Beban air hujan Setebal 5 cm  $= 0,05 \times 1 = 0,05 \text{ ton/m}^2$

##### b. Beban Horizontal

Beban tumbukan kapal yang didapat sebesar 550,18 tonm, perhitungan dapat dilihat pada subbab 4.4.3. Beban tumbukan kapal yang dipakai dalam program didapat dari reaksi fender sebesar 106,7 ton .

##### c. Beban Gempa

Beban gempa didapat dari program SAP2000 menggunakan Respon Spektrum.

#### 4.4.6 Pembebanan Pada Unloading Platform

Adapun beban yang ada sebagai berikut :

##### a. Beban Vertikal

###### • Beban mati

- Berat beton bertulang  $= 2,9 \text{ ton/m}^3$
- Berat pipa  $= \text{berat pipa} + \text{berat aspal}$   
 $= 0,15987 + 0,0735$   
 $= 0,23331 \text{ ton/m}$   
 $= \frac{100 \text{ kg/m} \times (3 \text{ m} \times 5,5 \text{ m})}{30 \text{ m}}$
- Dinding  $= 55 \text{ kg} = 0.055 \text{ ton}$

- Beban catwalk 3 = 3,72 ton

Untuk pemodelan struktur dengan menggunakan program SAP 2000, berat poer akan didefinisikan sendiri oleh program SAP 2000. Beban catwalk didapat dari reaksi tumpuan yang diperoleh dari pemodelan catwalk.

- Beban terpusat
  - Beban marine loading arm = 15,7 ton
  - Beban Tower gangway = 40 ton
  - Beban Fire Monitor Tower = 1,675 ton
  - Beban Jib crane = berat kapasitas + berat crane  
= (5 + 2,150) ton  
= 7,415 ton
- Beban Hidup
  - Beban Hidup = 3 ton/m<sup>2</sup>
  - Beban air hujan Setebal 5 cm = 0,05 x 1 = 0,05 ton/m<sup>2</sup>

b. Beban Gempa

Beban gempa didapat dari program SAP2000 menggunakan Respon Spektrum.

#### 4.4.7 Pembebanan Pada Trastle

Adapun beban beban yang ada sebagai berikut :

a. Beban Vertikal

- Beban mati
  - Berat beton bertulang = 2,9 ton/m<sup>3</sup>
  - Berat pipa = berat pipa + berat aspal  
= (0,15987 + 0,0735) ton/m  
= 0,23331 ton/m
- Beban Hidup
  - Beban Hidup = 1,5 ton/m<sup>2</sup>
  - Beban air hujan Setebal 5 cm = 0,05 x 1 = 0,05 ton/m<sup>2</sup>

b. Beban Gempa

Beban gempa didapat dari program SAP2000 menggunakan Respon Spektrum.

#### 4.4.8 Pembebanan Pada Catwalk

Adapun beban beban yang ada sebagai berikut :

a. Beban Vertikal

- Beban mati
  - Berat sendiri struktur dihitung sendiri oleh program SAP2000
  - Berat sendiri pelat  $= 0,25 \times 7,85 \text{ ton/m}^3$   
 $= 1,9625 \text{ ton/m}^2$
- Beban Hidup
  - Beban Hidup  $= 0,25 \text{ ton/m}^2$

b. Beban Gempa

Beban gempa didapat dari program SAP2000 menggunakan Respon Spektrum.

#### 4.5. Sistem Bongkar Muat

Proses bongkar muat merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan dalam kegiatan di pelabuhan. Sesuai dengan perencanaan tugas akhir ini, dermaga diperuntukkan sebagai bongkar muat aspal sehingga ada sedikit perbedaan yang harus diperhatikan dalam proses bongkar muat. Sebelum dilakukan proses bongkar muat aspal, aspal terlebih dahulu dipanaskan di dalam kapal menggunakan *Boiler* (ketel uap) dengan suhu panas berkisar antara  $50 - 60^\circ \text{ C}$ . Setelah aspal mencair, aspal dipindahkan kedalam silo penampungan yang telah disediakan di bibir pantai dengan cara dipompa.

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

## **BAB V**

### **PERENCANAAN LAYOUT PERAIRAN DAN DARATAN**

#### **5.1. Umum**

Dalam bab evaluasi layout perairan dan daratan ini merencanakan layout perairan dan daratan. Hal ini perlu dilakukan agar kapal dapat bermanuver dan bersandar dengan aman dan nyaman.

#### **5.2. Perencanaan Layout Perairan**

Dalam perencanaan fasilitas layout perairan yang perlu diperhatikan adalah areal penjangkaran, alur masuk, kolam putar, dan kolam dermaga. Berikut penjelasan mengenai fasilitas perairan yang ada ditugas akhir ini.

##### **5.2.1. Areal Penjangkaran**

Kebutuhan areal penjangkaran diasumsikan perairan berada pada kondisi baik dengan jumlah 4 areal penjangkaran. Jari-jari areal penjangkaran  $LOA + 6$  draft dan kedalaman yang dibutuhkan sebesar  $1,5 \times$  draft sehingga perhitungannya sebagai berikut:

a. Jari- jari Areal penjangkaran

Jari – jari =  $LOA + 6$  Draft

$$R = 144 + 6 \times 8,94 = 197,64 \text{ m} \approx 200 \text{ m}$$

Diameter = 400 m

b. Kedalaman areal penjangkaran

$$D = 1,5 \times \text{Draft}$$

$$= 1,5 \times 8,94 = 13,41 \text{ m} \approx 14 \text{ m}$$



### 5.2.2. Alur Masuk

Panjang alur masuk yang perlu diperhatikan adalah kemampuan kapal untuk menurunkan kecepatan. Lebar alur masuk yang perlu diperhatikan adalah kemungkinan kapal akan berpapasan dengan kapal lain atau tidak. Dalam tugas akhir ini alur masuk direncanakan *one way* sehingga tidak ada kapal yang berpapasan. Berikut perhitungan alur masuk yang direncanakan:

- a. Panjang alur masuk

$$\begin{aligned} \text{Sd min} &= 7 \times \text{LOA} \\ &= 7 \times 144 = 1008 \text{ m} \end{aligned}$$

- b. Lebar alur masuk

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= 5 \times B \\ &= 5 \times 23 = 115 \text{ m} \end{aligned}$$

- c. Kedalaman alur masuk

$$\begin{aligned} D &= 1,2 \times \text{Draft} \\ &= 1,2 \times 8,94 = 10,728 \text{ m} \approx 11\text{m} \end{aligned}$$

### 5.2.3. Kolam Putar

Kolam putar yang perlu diperhatikan adalah kapal dapat bermanuver sendiri atau dipandu oleh *tugboats*. Dalam tugas akhir ini direncanakan kapal bermanuver dengan dipandu *tugboats*. Berikut perhitungan kolam putar yang direncanakan:

- a. Diameter kolam putar

$$\begin{aligned} \text{Db} &= 2 \times \text{LOA} \\ &= 2 \times 144 = 288 \text{ m} \end{aligned}$$

- b. Kedalaman kolam putar

$$\begin{aligned} D &= 1,2 \times \text{Draft} \\ &= 1,2 \times 8,94 = 10,728 \text{ m} \approx 11\text{m} \end{aligned}$$

#### 5.2.4. Kolam Dermaga

Kolam dermaga direncanakan berada didepan dermaga dan luas kolam dermaga perlu ditentukan bila kedalaman perlu dikeruk atau tidak sehingga menghindari adanya pengerukan yang berlebih. Berikut perhitungan kolam dermaga yang direncanakan:

a. Panjang kolam dermaga

$$\begin{aligned} L &= 1,25 \times \text{LOA} \\ &= 1,25 \times 144 = 180 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Lebar kolam dermaga

$$\begin{aligned} W &= 1,25 \times B \\ &= 1,25 \times 23 = 28,75 \text{ m} \approx 30 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Kedalaman kolam dermaga

$$\begin{aligned} D &= 1,2 \times \text{Draft} \\ &= 1,2 \times 8,94 = 10,728 \text{ m} \approx 11 \text{ m} \end{aligned}$$

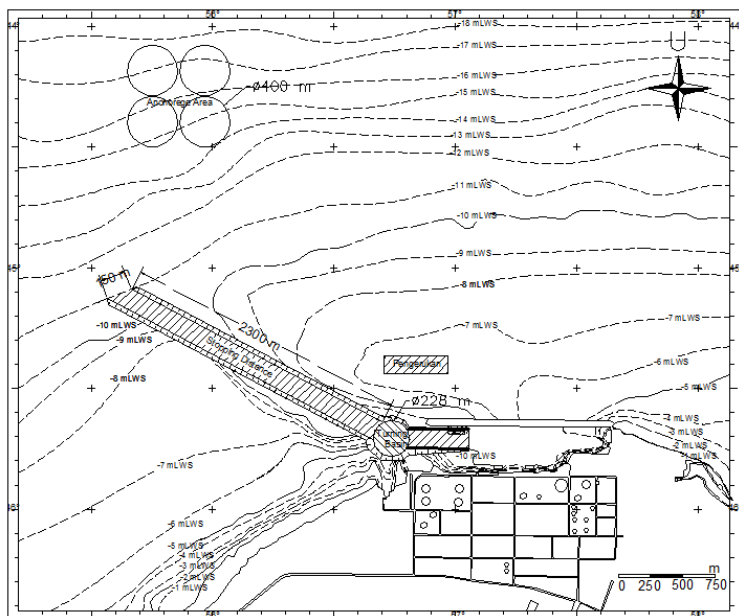
Dari perhitungan diatas hasil perhitungan kebutuhan fasilitas perairan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil Perhitungan Kebutuhan Fasilitas Perairan

Kebutuhan Fasilitas Perairan	Uraian	Dimensi Perhitungan	Dimensi yang digunakan	Keterangan
Areal Penjangkaran	Diameter	400 m	400 m	Perairan pada kondisi baik
	Kedalaman	-13,41 mLWS	-14 mLWS	
Alur Masuk	Panjang	1008 m	2300 m	One way
	Lebar	115 m	150 m	
	Kedalaman	-10,73 mLWS	-11 mLWS	
Kolam Putar	Diameter	288 m	288 m	Dipandu <i>tugboats</i>
	Kedalaman	-10,73 mLWS	-11 mLWS	
Kolam Dermaga	Panjang	180 m	180 m	Berada didepan dermaga
	Lebar	28,75 m	30 m	
	Kedalaman	-10,73 mLWS	-11 mLWS	

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Karena eksisting kedalam perairan disekitar *jetty* rata – rata sebesar -10,00 mLWS maka diperlukan penambahan kedalaman sekitar -1,00 mLWS. Panjang alur yang digunakan 2300 merupakan hasil dari gambar didapat dari kolam putar sampai kedalam yang dibutuhkan dalam alur masuk. Dari hasil perhitungan dapat dilihat di gambar 5.1 Perencanaan Layout Perairan Pelabuhan Di Kabupaten Tuban.



Gambar 5.1 Perencanaan Layout Perairan Pelabuhan Di Kabupaten Tuban, Jawa Timur



Untuk perencanaan tugas akhir ini *mooring* terluar ditempatkan  $15^\circ$  dari ujung kapal, untuk *mooring* paling dalam ditempatkan  $0,80 \times \text{LOA}$ . Direncanakan luas *mooring dolphin*  $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$  diperoleh dari jumlah tiang yang berjumlah empat buah diameter satu meter dengan jarak antar tiang sebesar dua kali diameter dan jarak tepi sebesar setengah diameter.

### 5.3.2. Perencanaan Breasting Dolphin

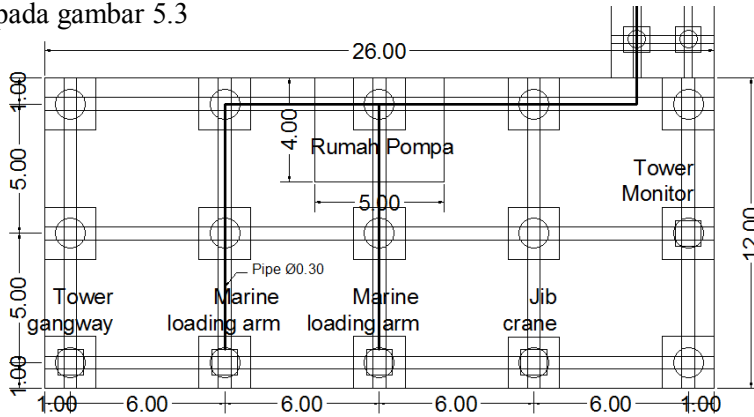
Jarak *breasting dolphin* satu dengan yang lain menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{As to As} &= (0,25 \text{ sampai } 0,4) \times \text{LOA} \\ &= 0,4 \times 144 \\ &= 57,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk perencanaan *breasting dolphin* ditempat  $10^\circ$  dari ujung unloading terhadap fender. Direncanakan luas *Breasting Dolphin*  $6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$  diperoleh dari jumlah tiang yang berjumlah lima buah diameter satu meter dengan jarak antar tiang sebesar dua kali diameter dan jarak tepi sebesar setengah diameter.

### 5.3.3. Perencanaan Unloading Platform

Unloading platform berfungsi untuk bongkar muatan dimana dalam tugas akhir ini muatan berupa aspal. Dimensi unloading platform yang direncanakan sebesar 26 m x 12 m dengan jarak antar alat sebesar 6 m. Layout unloading platform dapat dilihat pada gambar 5.3



Gambar 5.3 Layout Unloading Platform

### 5.3.4. Perencanaan Trestle

Trestle difungsikan hanya untuk pejalan kaki dan lintasan pipa. Dalam perencanaan ini lebar trestle 4 m dan untuk panjang trestle didapat 24 m.

### 5.3.5. Perencanaan catwalk

Direncanakan dua jenis catwalk dikarenakan memiliki panjang bentang yang berbeda. Catwalk pertama yang berfungsi menghubungkan antar mooring dolphin dengan panjang bentang 16 meter, catwalk kedua yang berfungsi penghubung antara mooring dolphin dengan breasting dolphin dengan panjang bentang 30 m yang akan dibagi dua panjang bentang catwalk menjadi 14 m dan catwalk ketiga yang berfungsi penghubung antara loading platform dengan breasting dolphin dengan panjang bentang 12 meter.

### 5.3.6. Elevasi Dermaga

Dari analisa data pasang surut yang ada pada Bab III, didapat beda pasang surut untuk Pelabuhan di Kabupaten Tuban adalah sebesar tinggi HWS (+ 1,9 mLWS) dikurang tinggi LWS (+0,20 mLWS) = 1,7 meter. Didapat elevasi dermaga dihitung pada saat air pasang dengan rumus :

Elevasi dermaga = Beda pasang surut + (0,5 m – 1,5 m )

Sehingga elevasi dermaga dapat dihitung sebagai berikut :

Elevasi dermaga = 1,7 m + 1,5 m = + 3,2 mLWS

Maka tinggi elevasi struktur keseluruhan yang ada di dermaga sebesar + 3,2 mLWS

Dari perencanaan diatas dapat dilihat rekap fasilitas daratan pada tabel 5.2 dibawah ini:

Tabel 5.2. Rekap Perencanaan Layout Darat

Variabel	Nilai
Mooring Dolphin	4 m x 4 m
Breasting Dolphin	6 m x 6 m
Unloading Platform	26 m x 12 m
Trastle	24 m x 4 m
Catwalk	16 m, 14m dan 12 m
Elevasi Dermaga	+ 3,2 mLWS

Sumber : Hasil Pehitungan



*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

## **BAB VI**

### **PERENCANAAN STRUKTUR JETTY**

#### **6.1. Umum**

Dalam bab perencanaan struktur jetty ini menjelaskan mengenai perhitungan dari setiap struktur.

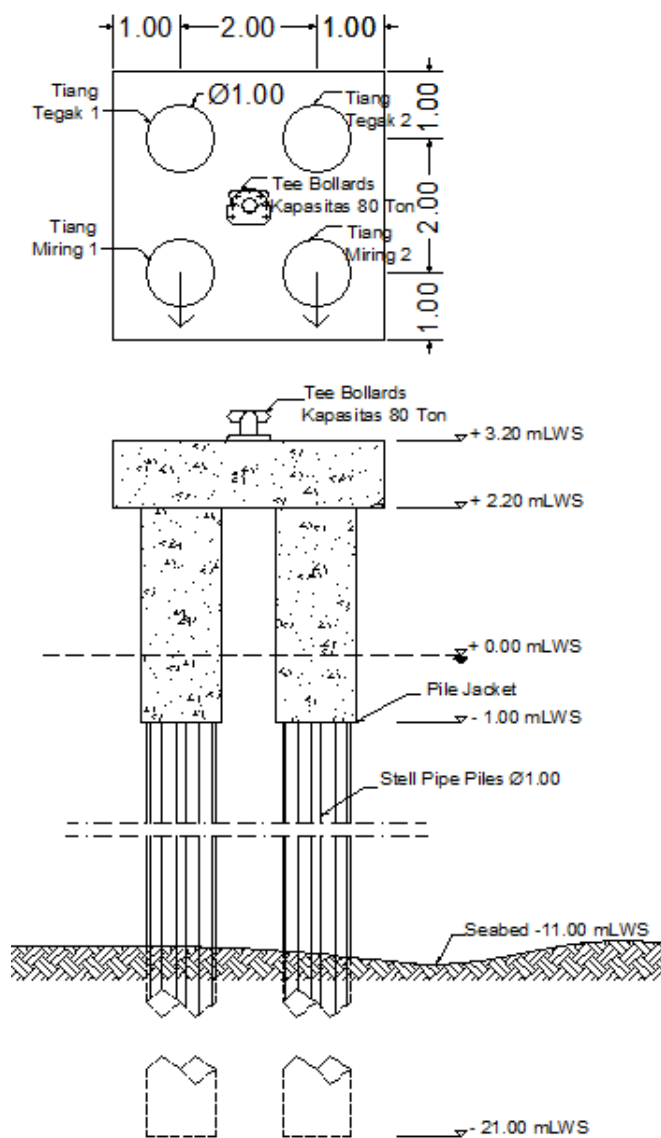
#### **6.2. Perencanaan Mooring Dolphin**

Struktur mooring dolphin berfungsi sebagaiudukan boulder yang berfungsi menahan tambatan kapal. Beban yang bekerja pada mooring dolphin adalah gaya tarikan kapal dan beban gempa.

Struktur mooring dolphin direncanakan terdiri dari struktur atas yaitu poer dan struktur bawah yaitu tiang pancang. Struktur poer berfungsi sebagai penyambung antar ujung tiang pancang sekaligus berfungsi sebagai pelat dan balok. Dalam tugas akhir ini mooring dolphin direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Jenis poer : Poer tunggal dengan 2 tiang pancang tegak dan 2 tiang pancang miring
- Dimensi poer : 4 meter x 4 meter
- Tebal poer : 1 meter
- Beton decking : 0,07 meter
- Diameter pancang : 1 meter
- Kemiringan : 6:1

Dari spesifikasi diatas direncanakan layout struktur mooring dolphin yang dapat dilihat pada gambar 6.1

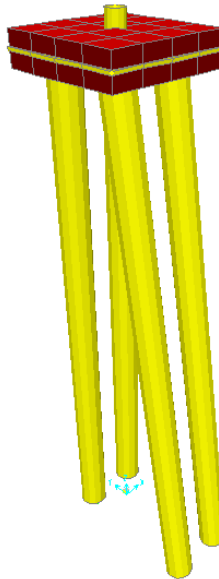


Gambar 6.1 Layout Mooring Dolphin

Pembebanan yang terjadi pada struktur mooring dolphin dapat dilihat pada bab IV subbab 4.5.2 pembebanan pada mooring dolphin. Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisa pada mooring dolphin dapat dilihat pada subbab 2.3.4.

#### **6.2.1. Pemodelan Mooring Dolphin Pada Program SAP 2000 dan Output Gaya – Gaya Dalam**

Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan SAP 2000 v14.2.2. Melalui program bantu tersebut didapatkan hasil berupa gaya – gaya yang bekerja akibat beban pada mooring dolphin. Untuk pemodelan struktur moring dolphin dapat dilihat pada gambar 6.2. untuk output gaya – gaya dalam hasil analisa dengan program SAP 2000 dapat dilihat pada Tabel 6.1.



Gambar 6.2 Pemodelan Mooring Dolphin pada Program SAP 2000

Tabel 6.1 Output Gaya – Gaya Dalam Mooring Dolphin

Struktur	Gaya	Frame/ joint	Comb	Nilai	
Poer	Mlx	-	1	2,394	tm
Poer	Mly	-	1	2,394	tm
Pancang tegak	P (tarik)	Tiang tegak 2	2	101,174	ton
Pancang tegak	P (tekan)	Tiang tegak 1	5	-37,756	ton
Pancang tegak	V2	Tiang tegak 1	4	0,660	ton
Pancang tegak	V3	Tiang tegak 1	5	-8,960	ton
Pancang tegak	M2	Tiang tegak 1	2	-95,490	tm
Pancang tegak	M3	Tiang tegak 1	4	7,314	tm
Pancang miring	P (tarik)	Tiang miring 2	5	1,520	ton
Pancang miring	P (tekan)	Tiang miring 2	2	-142,847	ton
Pancang miring	V2	Tiang miring 2	2	-9,407	ton
Pancang miring	V3	Tiang miring 2	4	0,636	ton
Pancang miring	M2	Tiang miring 2	4	7,142	tm
Pancang miring	M3	Tiang miring 1	2	-96,024	tm
Defleksi	U1	26	4	3,923	mm

Berikut perhitungan manual pembebanan yang terjadi pada mooring dolphin:

$$\begin{aligned} q_u &= DL + LL \\ &= 2900 \text{ kg/m}^2 + 550 \text{ kg/m}^2 \\ &= 3450 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan gaya – gaya dalam

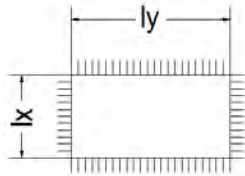
Untuk menganalisa gaya gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971). Perletakan yang digunakan diasumsikan pelat terjepit penuh. Perhitungan yang terjadi pada pelat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M_{tx} = - 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{lx} = + 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{ty} = - 0,001 \times q \times l_y^2 \times X$$

$$M_{ly} = + 0,001 \times q \times l_y^2 \times X$$



Gambar 6.3 Pelat Terjepit Penuh

Nilai X pelat didapat dari tabel 13.3.1 PBI-1971

$$q_u = 3450 \text{ kg/m}^2$$

$$L_n = 4 \text{ m}$$

$$S_n = 4 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{4}{4} = 1 < 2 \text{ ( pelat dua arah)}$$

Maka nilai x dengan  $\beta = 1$  dapat dilihat pada tabel 6.2

Tabel 6.2 Nilai x dengan  $\beta = 1$

Momen	$\beta = 1$
$M_{tx}$	52
$M_{lx}$	21
$M_{ty}$	52
$M_{ly}$	21

Maka momen yang didapat :

$$M_{tx} = -0,001 \times 3450 \times 4^2 \times 52 = -2870,4 \text{ kg.m}$$

$$M_{lx} = +0,001 \times 3450 \times 4^2 \times 21 = 1159,2 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 3450 \times 4^2 \times 52 = -2870,4 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = +0,001 \times 3450 \times 4^2 \times 21 = 1159,2 \text{ kg.m}$$

### 6.2.2. Perhitungan Poer (pile cap)

Penulangan poer pada struktur mooring dolphin ini merupakan jenis poer tunggal dengan data sebagai berikut :

Panjang = 400 cm

Lebar = 400 cm

Tinggi(h) = 100 cm

deck (d) = 7 cm

Diameter tulangan lentur = 2,9 cm ( $A_s = 6.605 \text{ cm}^2$ )

Diameter tulangan geser = 1,6 cm ( $A_s = 2,0106 \text{ cm}^2$ )

Data bahan

Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 1/3 \sigma'_{bk} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 110851,252 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_a = 1280 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{110851,252} = 18,944$$

$\phi_0$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1280}{18,944 \times 100} = 0,676$$

Perhitungan tinggi manfaat

$$\begin{aligned} h_x &= h - d - 0,5 \text{ Øtul-lentur} \\ &= 100 - 7 - 0,5 \cdot 2,9 \\ &= 91,55 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan manual dan SAP 2000 untuk momen pada pelat didapatkan dari M3 tiang :

$$M_{tx} = M_{lx} = 96,024 \text{ tm} = 9602400 \text{ kg.cm}$$

$$M_{ty} = M_{ly} = 96,024 \text{ tm} = 9602400 \text{ kg.cm}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan. Untuk  $h/b = 1/4 = 0,25 < 0,4$ , sehingga poer didesain sebagai pelat dengan  $\delta = 0$

a. Penulangan poer arah X

$$M_{tx} = M_{lx} = 9602400 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{91,55}{\sqrt{\frac{18,944 \times 9602400}{100 \times 1280}}} = 2,428$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 2,428$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 1,155$$

$$100n\omega = 20,080$$

$$\begin{aligned} \omega &= 20,080/18,944/100 \\ &= 0,0105 \end{aligned}$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,0105 \times 100 \times 91,55 \\ &= 97,038 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D29-60 dengan luas ( 99,078 cm<sup>2</sup>)



Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$A_{sd} = 10\% \times 99,078 = 9,9078 \text{ cm}^2$$

Dipasang D16-130 dengan luas ( 10,053 cm<sup>2</sup>)

b. Penulangan poer arah Y

$$M_{ty} = M_{ly} = 9602400 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{91,55}{\sqrt{\frac{18,944 \times 9602400}{100 \times 1280}}} = 2,428$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 2,428$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 1,155$$

$$100n\omega = 20,080$$

$$\begin{aligned}\omega &= 20,080/18,944/100 \\ &= 0,0105\end{aligned}$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned}A_s &= \omega b h \\ &= 0,0105 \times 100 \times 91,55 \\ &= 97,038 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang D29-60 dengan luas ( 99,078 cm<sup>2</sup>)

Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$A_{sd} = 10\% \times 99,078 = 9,9078 \text{ cm}^2$$

Dipasang D16-130 dengan luas ( 10,053 cm<sup>2</sup>)

c. Kontrol retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retakan pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha (C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p}) (\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p}) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

$$\alpha = 1 \text{ (batang yang diprofilkan)}$$

$$c = 7 \text{ cm (tebal beton decking)}$$

$$\begin{aligned} w_{\text{bar}} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan} \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,029^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 5,185 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12,8 \sqrt{5,185} = 29,147 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$$A = \text{Luas tulangan tarik}$$

$$\begin{aligned} B_t &= \text{Luas penampang beton yang tertarik} \\ &= 100 \times 91,55 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{99,078}{100 \times 91,55} = 0,0523$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\Phi} = \frac{1280}{1,155} = 1108,225$$

maka besar retakanan yang didapat

$$\begin{aligned} w &= 1 (1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{2,915}{0,0523}) (1108,225 - \frac{30}{0,0523}) 10^{-6} \\ &= -0,089 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm ...Oke} \end{aligned}$$

## d. Kontrol geser pons

Pada struktur mooring dolphin, kontrol geser pons perlu dikontrol karena pada struktur ini tidak ada balok, sehingga tiang pancang langsung menumpu pada poer. Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus:

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm} \quad (\text{PBI 71 11.9.(2)})$$

Dimana:

P = gaya aksial pelat dari tiang pancang

c = diameter tiang pancang

ht = tinggi total pelat atau poer

$\tau_{bm}$  = tegangan ijin beton ( $0,65\sqrt{\sigma'_{bk}}$ )

Sehingga:

$$\tau_{bp} = \frac{142,847 \times 10^3}{\pi \cdot (100 + 100) \cdot 100} \leq 0,65\sqrt{300}$$

$$\tau_{bp} = 2,274 \text{ kg/cm}^2 \leq 11,258 \text{ kg/cm}^2$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin beton, maka poer dikatakan aman dari gaya pons atau keruntuhan akibat pons.

## e. Rekap Penulangan

Dari perhitungan diatas maka penulangan yang didapat dapat dilihat pada tabel 6.3

Tabel 6.3 Rekap Penulangan Poer pada Mooring Dolphin

Arah	Tulangan utama	Tulangan samping
X	D29-60	D16-130
Y	D29-60	D16-130

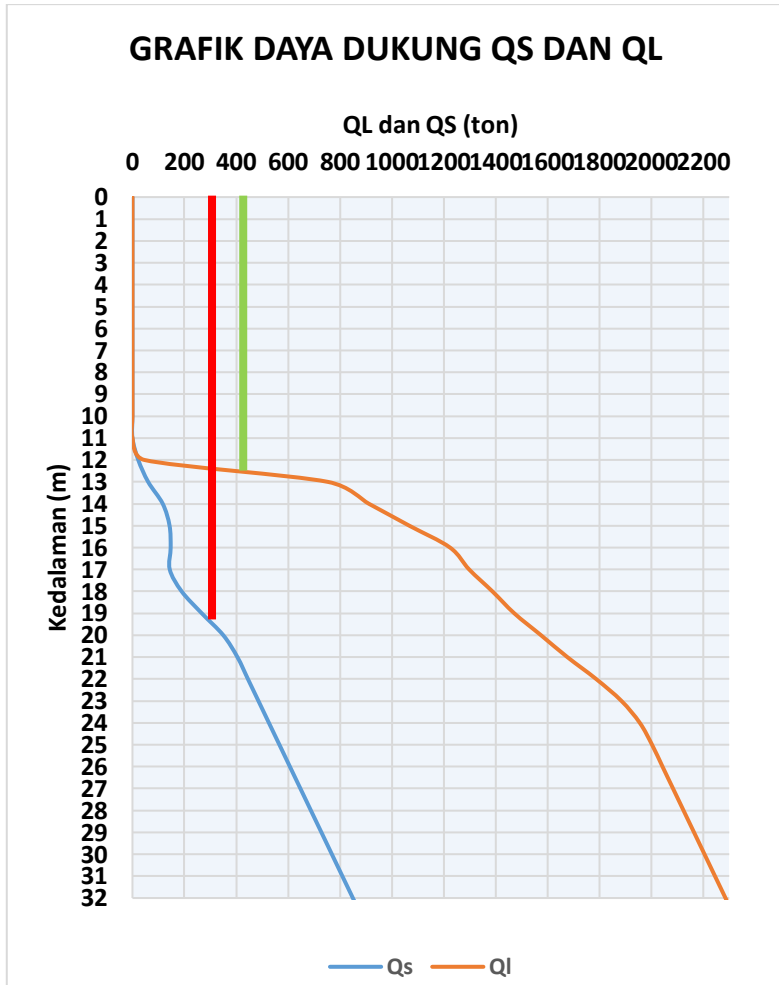
### 6.2.3. Perhitungan Tiang Pancang

Pada perencanaan struktur mooring dolphin ini, tiang pancang yang digunakan tiang pancang tegak dan tiang pancang miring dengan kemiringan 6:1. Spesifikasi tiang pancang baja yang digunakan sebagai berikut:

Diameter (D)	: 1000 mm
Tebal (t)	: 19 mm
Luas (A)	: 585,6 cm <sup>2</sup>
Momen Inersia (I)	: 705000 cm <sup>4</sup>
Unit Weight	: 460 kg/m
Section Modulus (Z)	: 14100 cm <sup>3</sup>
Young Modulus (E)	: 2100000 kg/cm <sup>4</sup>

#### a. Kontrol kebutuhan kedalaman tiang pancang

Pada perencanaan struktur mooring dolphin, konfigurasi tiang pancang direncanakan dengan perpaduan tiang pancang tegak dan tiang pancang miring. Hasil analisa gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang diperoleh dari analisa struktur dengan menggunakan program SAP 2000 dapat dilihat pada tabel 6.1. Untuk grafik daya dukung tanah berdasarkan tiang paancang rencana dapat dilihat pada gambar 6.4.



Gambar 6.4 Grafik Daya Dukung Tanah

Catatan :

Tiang Tarik ———

Tiang Tekan ———

b. Perencanaan tiang tarik tegak

Berdasarkan tabel di atas nilai  $P_{tarik}$  untuk tiang tegak sebesar 101,174 ton, Sehingga :

$$Q_u = 3 \times 101,174 = 303,522 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah, kedalaman tiang yang dibutuhkan untuk memikul gaya ini adalah sedalam - 9 m dari *seabed* atau - 20 mLWS dengan daya dukung tanah sebesar 349,89 ton.

c. Perencanaan tiang tekan tegak

Berdasarkan tabel 6.1 di atas nilai  $P_{tekan}$  untuk tiang tegak sebesar -37,756 ton, Sehingga :

$$Q_u = 3 \times 37,756 = 113,268 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah, kedalaman tiang yang dibutuhkan untuk memikul gaya ini adalah sedalam -2 m dari *seabed* atau -13 mLWS dengan daya dukung tanah sebesar 752,49 ton.

d. Perencanaan tiang tarik miring

Berdasarkan tabel di atas nilai  $P_{tarik}$  untuk tiang miring sebesar 1,520 ton, Sehingga :

$$Q_u = 3 \times 1,520 = 4,560 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah, kedalaman tiang yang dibutuhkan untuk memikul gaya ini adalah sedalam - 1 m dari *seabed* atau - 12 mLWS dengan daya dukung tanah sebesar 22,384 ton.

e. Perencanaan tiang tekan miring

Berdasarkan tabel 6.1 di atas nilai  $P_{\text{tekan}}$  untuk tiang tegak sebesar -142,847 ton, Sehingga :

$$Q_u = 3 \times 142,847 = 428,541 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah, kedalaman tiang yang dibutuhkan untuk memikul gaya ini adalah sedalam -2 m dari *seabed* atau -13 mLWS dengan daya dukung tanah sebesar 752,49 ton.

f. Titik jepit tiang

Perhitungan letak jepit tanah terhadap tiang untuk tanah normally consolidated clay and granular,  $Z_f = 1,8T$  dimana :

$$T = \left( \frac{E \cdot I}{nh} \right)^{\frac{1}{5}} ; nh \text{ diambil sebesar } 500 \text{ kN/m}^3$$

$$T = \left( \frac{2100000 \times 705000}{0,5} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 312,096 \text{ cm} = 3,2 \text{ m}$$

$$Z_f = 1,8 \times 3,2$$

$$= 5,76 \text{ m (dibawah seabed)}$$

$$\text{Tinggi struktur (e)} = 14,2 \text{ (diatas seabed)}$$

$$\text{Tinggi struktur (H)} = Z_f + e$$

$$H = Z_f + e = 19,96 \text{ m} \approx 20 \text{ m}$$

Kedalaman tiang yang digunakan adalah titik jepit tiang ditambah satu meter dikarenakan daya dukung tiang masih diatas titik jepit tiang. Maka kedalaman tiang didapat sebesar -21 meter.

g. Perhitungan Kalendering

Perumusan kalendering yang dipakai perumusan *Alfred Hiley Formula (1930)*, sebagai berikut :

$$Q_u = \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0,5 \cdot C} \times \frac{W + n^2 \cdot W_p}{W + W_p}$$

Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai S atau penetrasi/blow, yaitu pengamatan yang dilakukan rata-rata di tiga set terakhir, dengan 10 pukulan tiap

setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama  $S > S'$ , maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

$S$  = nilai penetrasi/ blow rencana dari perhitungan

$S'$  = nilai penetrasi/ blow saat pemancangan

- Kalendering tiang pancang tegak :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$\varnothing_{\text{tiang}} = 100 \text{ cm}$

$t = 1,9 \text{ cm}$

$P = 101,174 \text{ ton}$

$SF = 3$

$Q_u = 3 \times 101,174 = 303,522 \text{ ton}$

$\alpha = 2,5$  (*hydraulic hammer*)

$W = 5 \text{ ton}$  (*hydraulic hammer*)

$H = 2 \text{ m}$ , tinggi jatuh hammer kondisi normal

$C_1 = 5 \text{ mm}$  (*hard cushion + packing*)

$C_2 = 10 \text{ mm}$  (Steel Pile)

$C_3 = 4$  (*soft ground*)

$n = 0,32$  (*compact wood cushion on steel pile*)

Panjang tiang pancang tegak yang dibutuhkan,

$L = 20 \text{ m}$

$W_p = 0,460 \text{ ton/m} \times 20 \text{ m}$

$= 9,200 \text{ ton}$

$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0.019 \text{ m}$

$$303,522 = \frac{2,5 \cdot 5 \cdot 2}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 9,2}{5 + 9,2}$$

$$303,522 (S + 0,5 \cdot 0,019) = 2,5 \cdot 5 \cdot 2 \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 9,2}{5 + 9,2}$$

$$303,522 S = 25 \times 0,419 - 2,884$$

$S = 0,025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 25 mm/10 blow .



- Kalendering tiang pancang miring :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$$\varnothing_{\text{tiang}} = 100 \text{ cm}$$

$$t = 1,9 \text{ cm}$$

$$P = 142,847 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$Q_u = 142,847 \times 3 = 428,541 \text{ ton}$$

$$\alpha = 2,5 \text{ (hydrolic hammer)}$$

$$W = 5 \text{ ton (hydrolic hammer)}$$

$$H = 2 \text{ m, tinggi jatuh hammer kondisi normal}$$

$$C_1 = 5 \text{ mm (hard cushion + packing)}$$

$$C_2 = 10 \text{ mm (Steel Pile)}$$

$$C_3 = 4 \text{ (soft ground)}$$

$$n = 0,32 \text{ (compact wood cushion on steel pile)}$$

Panjang tiang pancang miring yang dibutuhkan,

$$L = \sqrt{20^2 + \left(\frac{20}{6}\right)^2} = 20,3 \text{ m} \sim 21 \text{ m}$$

$$W_p = 0,46 \text{ ton/m} \times 21 \text{ m}$$

$$= 9,66 \text{ ton}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0.019 \text{ m}$$

$$428,541 = \frac{2,5 \cdot 5 \cdot 2}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 9,66}{5 + 9,66}$$

$$428,541 (S + 0,5 \cdot 0,019) = 2,5 \cdot 5 \cdot 2 \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 9,66}{5 + 9,66}$$

$$428,541 S = 25 \times 0,409 - 4,071$$

$$S = 0,0014 \text{ m} = 14 \text{ mm}$$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 14 mm/10 blow .

## h. Kontrol Kuat Tekuk

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(Z_f + e)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2100000 \cdot 705000}{(576 + 1420)^2}$$

$$P_{cr} = 3667643,231 \text{ kg} = 3667,643 \text{ ton}$$

$$P_{cr} > P_u (142,847 \text{ ton}) \dots \text{ (OK)}$$

## i. Kontrol Tiang Pancang Berdiri Sendiri

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekwensi gelombang sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri.  $\omega$  gelombang diambil sebesar  $\frac{1}{6} S^{-1}$ . Dengan

perhitungan sebagai berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{\left(\frac{W \cdot l^3}{g}\right)}} \geq \omega$$

Dimana:

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 705000 \text{ cm}^4$$

$$w = 4,6 \text{ Ton}$$

$$i = 18,562 \text{ m}$$

$\omega$  tiang pancang miring

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \cdot 1,32 \times 10^5}{\left(\frac{4343,5 \cdot 1856,2^3}{1000}\right)}} \geq 4,6$$

$$\omega_t = 12,273 \text{ s} \geq 4,6 \text{ s}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa tiang pancang tegak stabil terhadap frekwensi gelombang dan mampu berdiri sendiri.

## j. Kontrol Tiang Pancang Terhadap Korosi

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang dapat terjadi pada tiang pancang. Terutama saat tiang pancang berada di pantai/laut lepas. dalam perencanaan ini, korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan yang digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi setebal 3 mm. dengan aturan OCDI kecepatan korosi adalah 0.3 mm/tahun, sehingga :

$$\text{Diameter rencana} = 1000 - 10 \times 0,3 = 997 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter dalam} = 1000 - 19 = 981 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= 0.25 \pi (D_1^2 - D_2^2) \\ &= 0.25 \pi (997^2 - 981^2) \\ &= 24856,281 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia (I)} &= 1/64 \pi (D_1^4 - D_2^4) \\ &= 1/64 \pi (997^4 - 981^4) \\ &= 303925,516 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Section modulus (W)} &= \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32(D)} \\ &= \frac{\pi(99,7^4 - 98,1^4)}{32(99,7)} \\ &= 6096,801 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\sigma_{ijin} = 2000 \text{ kg/ cm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{ijin} &= \sigma_{ijin} \times \text{Section Modulus} \\ &= 2000 \times 6096,801 \\ &= 12193602 \text{ Kgcm} \\ &= 121,936 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$M_{ijin} > M_u (96,024 \text{ tm}) \dots \text{ Oke}$$

### 6.3. Perencanaan Breasting Dolphin

Struktur breasting dolphin berfungsi sebagai tempat bersandarnya kapal, merupakan tempat menempelnya fender yang akan menyerap dan mentransfer energi tumbukan kapal ke struktur. Beban yang bekerja pada breasting dolphin adalah gaya tumbuk kapal dan beban gempa.

Struktur breasting dolphin direncanakan terdiri dari struktur atas yaitu poer dan struktur bawah yaitu tiang pancang. Struktur poer berfungsi sebagai penyambung antar ujung tiang pancang sekaligus berfungsi sebagai pelat dan balok. Dalam tugas akhir ini breasting dolphin direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Jenis poer : Poer tunggal dengan 3 tiang pancang tegak dan 2 tiang pancang miring
- Dimensi poer : 6 meter x 6 meter
- Tebal poer : 1,2 meter
- Beton decking : 0,07 meter
- Diameter pancang : 1 meter
- Kemiringan : 6:1

Dari spesifikasi diatas direncanakan layout struktur breasting dolphin yang dapat dilihat pada gambar 6.5



Pembebanan yang terjadi pada struktur breasting dolphin dapat dilihat pada bab IV subbab 4.5.3 pembebanan pada breasting dolphin. Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisa pada breasting dolphin dapat dilihat pada subbab 2.3.4

### **6.3.1. Pemodelan Breasting Dolphin Pada Program SAP 2000 dan Output Gaya – Gaya Dalam**

Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan SAP 2000 v14.2.2. Melalui program bantu tersebut didapatkan hasil berupa gaya – gaya yang bekerja akibat beban pada breasting dolphin. Untuk pemodelan struktur breasting dolphin dapat dilihat pada gambar 6.6. untuk output gaya – gaya dalam hasil analisa dengan program SAP 2000 dapat dilihat pada Tabel 6.4



Gambar 6.6 Pemodelan Breasting Dolphin pada Program SAP 2000

Tabel 6.4 Output Gaya – Gaya Dalam Breasting Dolphin

Struktur	Gaya	Frame/ joint	Comb	Nilai	
Poer	Mlx	-	1	5,386	tm
Poer	Mly	-	1	5,386	tm
Pancang tegak	P (tarik)	Tiang tegak 3	5	75,371	ton
Pancang tegak	P (tekan)	Tiang tegak 2	2	-11,933	ton
Pancang tegak	V2	Tiang tegak 1	4	0,557	ton
Pancang tegak	V3	Tiang tegak 1	5	5,891	ton
Pancang tegak	M2	Tiang tegak 1	5	62,696	tm
Pancang tegak	M3	Tiang tegak 3	4	6,267	tm
Pancang miring	P (tarik)	Tiang miring 1	2	0,741	ton
Pancang miring	P (tekan)	Tiang miring 1	5	-83,445	ton
Pancang miring	V2	Tiang miring 1	5	5,716	ton
Pancang miring	V3	Tiang miring 1	5	-0,625	ton
Pancang miring	M2	Tiang miring 1	4	-6,911	tm
Pancang miring	M3	Tiang miring 1	5	-61,694	tm
Defleksi	U1	28	2	3,782	mm

Berikut perhitungan manual pembebanan yang terjadi pada breasting dolphin:

$$\begin{aligned} q_u &= DL + LL \\ &= 2,9 \text{ ton/m}^2 + 0,55 \text{ t/m}^2 \\ &= 3,4 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan gaya – gaya dalam

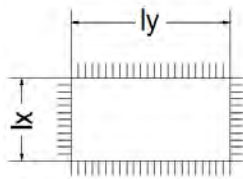
Untuk menganalisa gaya gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971). Perletakan yang digunakan diasumsikan pelat terjepit penuh. Perhitungan yang terjadi pada pelat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M_{tx} = - 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{lx} = + 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{ty} = - 0,001 \times q \times l_y^2 \times X$$

$$M_{ly} = + 0,001 \times q \times l_y^2 \times X$$



Gambar 6.7 Pelat Terjepit Penuh

Nilai X pelat didapat dari tabel 13.3.1 PBI-1971

$$q_u = 3450 \text{ kg/m}^2$$

$$L_n = 6 \text{ m}$$

$$S_n = 6 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{6}{6} = 1 < 2 \text{ ( pelat dua arah)}$$

Maka nilai x dengan  $\beta = 1$  dapat dilihat pada tabel 6.5

Tabel 6.5 Nilai x dengan  $\beta = 1$

Momen	$\beta = 1$
$M_{tx}$	52
$M_{lx}$	21
$M_{ty}$	52
$M_{ly}$	21



Maka momen yang didapat :

$$M_{tx} = -0,001 \times 3450 \times 4^2 \times 52 = -2870,4 \text{ kg.m}$$

$$M_{lx} = +0,001 \times 3450 \times 4^2 \times 21 = 1159,2 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 3450 \times 4^2 \times 52 = -2870,4 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = +0,001 \times 3450 \times 4^2 \times 21 = 1159,2 \text{ kg.m}$$

### 6.3.2. Perhitungan Poer (pile cap)

Penulangan poer pada struktur mooring dolphin ini merupakan jenis poer tunggal dengan data sebagai berikut :

Panjang = 600 cm

Lebar = 600 cm

Tinggi(h) = 120 cm

deck (d) = 7 cm

Diameter tulangan lentur = 2,9 cm ( $A_s = 6,605 \text{ cm}^2$ )

Diameter tulangan geser = 1,6 cm ( $A_s = 2,0106 \text{ cm}^2$ )

Data bahan

Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 1/3 \sigma'_{bk} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 110851,252 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_a = 1280 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{110851,252} = 18,944$$

$\phi_0$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1280}{18,944 \times 100} = 0,676$$

Perhitungan tinggi manfaat

$$\begin{aligned} h_x &= h - d - 0,5 \text{ Øtul-lentur} \\ &= 120 - 7 - 0,5 \cdot 2,9 \\ &= 111,55 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan manual dan SAP 2000 untuk momen pada pelat didapatkan dari M3 tiang :

$$M_{tx} = M_{lx} = 61,694 \text{ tm} = 6169400 \text{ kg.cm}$$

$$M_{ty} = M_{lx} = 61,694 \text{ tm} = 6169400 \text{ kg.cm}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan. Untuk  $h/b = 1/6 = 0,1667 < 0,4$ , sehingga poer didesain sebagai pelat dengan  $\delta = 0$

a. Penulangan poer arah X

$$M_{tx} = M_{lx} = 61,694 \text{ tm} = 6169400 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{111,55}{\sqrt{\frac{18,944 \times 6169400}{100 \times 1280}}} = 3,692$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 3,692$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 2,012$$

$$100n\omega = 8,250$$

$$\omega = 8,250/18,944/100$$

$$= 0,00436$$

Tulangan tarik

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,00436 \times 100 \times 111,55$$

$$= 49,404 \text{ cm}^2$$

Dipasang D29-110 dengan luas ( 52,842 cm<sup>2</sup>)

Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$A_{sd} = 10\% \times 52,842 = 5,284 \text{ cm}^2$$

Dipasang D16-160 dengan luas ( 6,0318 cm<sup>2</sup>)

b. Penulangan poer arah Y

$$M_{ty} = M_{ly} = 61,694 \text{ tm} = 6169400 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{111,55}{\sqrt{\frac{18,944 \times 6169400}{100 \times 1280}}} = 3,692$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 3,692$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 2,012$$

$$100n\omega = 8,250$$

$$\omega = 8,250/18,944/100$$

$$= 0,00436$$

Tulangan tarik

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,00436 \times 100 \times 111,55$$

$$= 49,404 \text{ cm}^2$$

Dipasang D29-110 dengan luas ( 52,842 cm<sup>2</sup>)

Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$A_{sd} = 10\% \times 52,842 = 5,284 \text{ cm}^2$$

Dipasang D16-160 dengan luas ( 6,0318 cm<sup>2</sup>)

c. Kontrol retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retaka pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha (C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p}) (\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p}) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

$\alpha$  = 1 (batang yang diprofilkan)

$c$  = 7 cm (tebal beton decking)

$w_{\text{bar}}$  =  $\frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan}$   
 $= \frac{1}{4} \pi 0,029^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3$   
 $= 5,185 \text{ kg/m}$

$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12,8 \sqrt{5,185} = 29,147 \text{ mm}$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$\omega_p = \frac{A}{B_t}$  ;  $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,16$  dan  $C_5 = 30$

$A$  = Luas tulangan tarik

$B_t$  = Luas penampang beton yang tertarik  
 $= 100 \times 111,55 \text{ cm}$

maka  $\omega_p = \frac{52,842}{100 \times 111,55} = 0,0279$

$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\Phi} = \frac{1280}{2,012} = 636,183$

maka besar retakanan yang didapat

$w = 1 (1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{29,147}{0,0279}) (636,183 - \frac{30}{0,0279}) 10^{-6}$   
 $= - 0,621 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots \text{Oke}$

## d. Kontrol geser pons

Pada struktur mooring dolphin, kontrol geser pons perlu dikontrol karena pada struktur ini tidak ada balok, sehingga tiang pancang langsung menumpu pada poer. Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus:

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm} \quad (\text{PBI 71 11.9.(2)})$$

Dimana:

P = gaya aksial pelat dari tiang pancang

c = diameter tiang pancang

ht = tinggi total pelat atau poer

$\tau_{bm}$  = tegangan ijin beton ( $0,65\sqrt{\sigma'_{bk}}$ )

Sehingga:

$$\tau_{bp} = \frac{83,445 \times 10^3}{\pi \cdot (100 + 120) \cdot 120} \leq 0,65\sqrt{300}$$

$$\tau_{bp} = 1,006 \text{ kg/cm}^2 \leq 11,258 \text{ kg/cm}^2$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin beton, maka poer dikatakan aman dari gaya pons atau keruntuhan akibat pons.

## e. Rekap Penulangan

Dari perhitungan diatas maka penulangan yang didapat dapat dilihat pada tabel 6.6

Tabel 6.6 Rekap Penulangan Poer pada Breasting Dolphin

Arah	Tulangan utama	Tulangan samping
X	D29-110	D16-160
Y	D29-110	D16-160

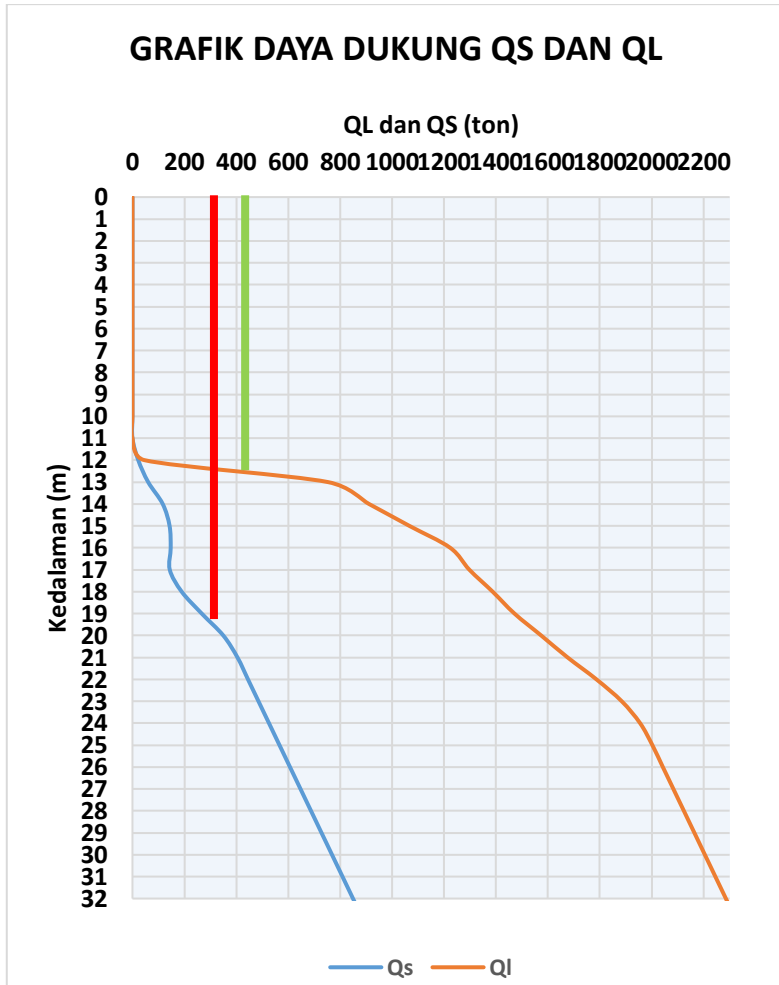
### 6.3.3. Perhitungan Tiang Pancang

Pada perencanaan struktur mooring dolphin ini, tiang pancang yang digunakan tiang pancang tegak dan tiang pancang miring dengan kemiringan 6:1. Spesifikasi tiang pancang baja yang digunakan sebagai berikut:

Diameter (D)	: 1000 mm
Tebal (t)	: 19 mm
Luas (A)	: 585,6 cm <sup>2</sup>
Momen Inersia (I)	: 705000 cm <sup>4</sup>
Unit Weight	: 460 kg/m
Section Modulus (Z)	: 14100 cm <sup>3</sup>
Young Modulus (E)	: 2100000 kg/cm <sup>4</sup>

#### a. Kontrol kebutuhan kedalaman tiang pancang

Pada perencanaan struktur mooring dolphin, konfigurasi tiang pancang direncanakan dengan perpaduan tiang pancang tegak dan tiang pancang miring. Hasil analisa gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang diperoleh dari analisa struktur dengan menggunakan program SAP 2000 dapat dilihat pada tabel 6.4. Untuk grafik daya dukung tanah berdasarkan tiang paancang rencana dapat dilihat pada gambar 6.8.



Gambar 6.8 Grafik Daya Dukung Tanah

Catatan :

Tiang Tarik      —

Tiang Tekan      —

b. Perencanaan tiang tarik tegak

Berdasarkan tabel di atas nilai  $P_{\text{tarik}}$  untuk tiang tegak sebesar 75,371 ton, Sehingga :

$$Q_u = 3 \times 75,371 = 226,113 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah, kedalaman tiang yang dibutuhkan untuk memikul gaya ini adalah sedalam - 8 m dari *seabed* atau - 19 mLWS dengan daya dukung tanah sebesar 267,04 ton.

c. Perencanaan tiang tekan tegak

Berdasarkan tabel 6.1 di atas nilai  $P_{\text{tekan}}$  untuk tiang tegak sebesar -11,933 ton, Sehingga :

$$Q_u = 3 \times 11,933 = 35,799 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah, kedalaman tiang yang dibutuhkan untuk memikul gaya ini adalah sedalam -1 m dari *seabed* atau -12 mLWS dengan daya dukung tanah sebesar 45,91 ton.

d. Perencanaan tiang tarik miring

Berdasarkan tabel di atas nilai  $P_{\text{tarik}}$  untuk tiang miring sebesar 0,741 ton, Sehingga :

$$Q_u = 3 \times 0,741 = 2,223 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah, kedalaman tiang yang dibutuhkan untuk memikul gaya ini adalah sedalam - 1 m dari *seabed* atau - 12 mLWS dengan daya dukung tanah sebesar 22,384 ton.



e. Perencanaan tiang tekan miring

Berdasarkan tabel 6.1 di atas nilai  $P_{\text{tekan}}$  untuk tiang tegak sebesar -83,445 ton, Sehingga :

$$Q_u = 3 \times 61,694 = 250,335 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah, kedalaman tiang yang dibutuhkan untuk memikul gaya ini adalah sedalam -2 m dari *seabed* atau -13 m LWS dengan daya dukung tanah sebesar 752,49 ton.

f. Titik jepit tiang

Perhitungan letak jepit tanah terhadap tiang untuk tanah normally consolidated clay and granular,  $Z_f = 1,8T$  dimana :

$$\text{Tinggi struktur (H)} = Z_f + e$$

$$T = \left( \frac{E \cdot I}{nh} \right)^{\frac{1}{5}} ; \text{nh diambil sebesar } 500 \text{ kN/m}^3$$

$$T = \left( \frac{2100000 \times 705000}{0,5} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 312,096 \text{ cm} = 3,2 \text{ m}$$

$$Z_f = 1,8 \times 3,2$$

$$= 5,76 \text{ m (dibawah seabed)}$$

$$\text{Tinggi struktur (e)} = 14,2 \text{ (diatas seabed)}$$

$$H = Z_f + e = 19,96 \text{ m} \approx 20 \text{ m}$$

Kedalaman tiang yang digunakan adalah titik jepit tiang ditambah satu meter dikarenakan daya dukung tiang masih diatas titik jepit tiang. Maka kedalaman tiang didapat sebesar -21 meter.

g. Perhitungan Kalendering

Perumusan kalendering yang dipakai perumusan *Alfred Hiley Formula (1930)*, sebagai berikut :

$$Q_u = \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0,5 \cdot C} \times \frac{W + n^2 \cdot W_p}{W + W_p}$$

Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai S atau penetrasi/blow, yaitu pengamatan yang dilakukan rata-rata di tiga set terakhir, dengan 10 pukulan tiap

setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama  $S > S'$ , maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

$S$  = nilai penetrasi/ blow rencana dari perhitungan

$S'$  = nilai penetrasi/ blow saat pemancangan

Kalendering tiang pancang tegak :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$\varnothing_{\text{tiang}}$  = 100 cm

$t$  = 1,9 cm

$P$  = 27,187 ton

$SF$  = 3

$Q_u$  =  $3 \times 27,187 = 81,561$  ton

$\alpha$  = 2,5 (*hydraulic hammer*)

$W$  = 5 ton (*hydraulic hammer*)

$H$  = 2 m, tinggi jatuh hammer kondisi normal

$C_1$  = 5 mm (*hard cushion + packing*)

$C_2$  = 10 mm (*Steel Pile*)

$C_3$  = 4 (*soft ground*)

$n$  = 0,32 (*compact wood cushion on steel pile*)

Panjang tiang pancang tegak yang dibutuhkan,

$L = 20$  m

$W_p$  =  $0,460 \text{ ton/m} \times 20 \text{ m}$

= 9,200 ton

$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0.019 \text{ m}$

$$81,561 = \frac{2,5 \cdot 5 \cdot 2}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 9,2}{5 + 9,2}$$

$$81,561 (S + 0,5 \cdot 0,019) = 2,5 \cdot 5 \cdot 2 \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 9,2}{5 + 9,2}$$

$$81,561 S = 25 \times 0,419 - 2,884$$

$$S = 0,0622 \text{ m} = 62,2 \text{ mm}$$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 62,2 mm/10 blow .

Kalendering tiang pancang miring :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$$\varnothing_{\text{tiang}} = 100 \text{ cm}$$

$$t = 1,9 \text{ cm}$$

$$P = 38,92 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$Q_u = 38,92 \times 3 = 116,76 \text{ ton}$$

$$\alpha = 2,5 \text{ (hydrolic hammer)}$$

$$W = 5 \text{ ton (hydrolic hammer)}$$

$$H = 2 \text{ m, tinggi jatuh hammer kondisi normal}$$

$$C_1 = 5 \text{ mm (hard cushion + packing)}$$

$$C_2 = 10 \text{ mm (Steel Pile)}$$

$$C_3 = 4 \text{ (soft ground)}$$

$$n = 0,32 \text{ (compact wood cushion on steel pile)}$$

Panjang tiang pancang miring yang dibutuhkan,

$$L = \sqrt{20^2 + \left(\frac{20}{6}\right)^2} = 20,3 \text{ m} \sim 21 \text{ m}$$

$$W_p = 0,46 \text{ ton/m} \times 21 \text{ m}$$

$$= 9,66 \text{ ton}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0.019 \text{ m}$$

$$116,76 = \frac{2,5 \cdot 5 \cdot 2}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 9,66}{5 + 9,66}$$

$$116,76 (S + 0,5 \cdot 0,019) = 2,5 \cdot 5 \cdot 2 \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 9,66}{5 + 9,66}$$

$$116,76 S = 25 \times 0,409 - 4,071$$

$$S = 0,052 \text{ m} = 52 \text{ mm}$$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 52 mm/10 blow .

## h. Kontrol Kuat Tekuk

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(Z_f + e)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2100000 \cdot 705000}{(576 + 1420)^2}$$

$$P_{cr} = 3667643,231 \text{ kg} = 3667,643$$

$$P_{cr} > P_u (38,920 \text{ ton}) \dots \text{Oke}$$

## i. Kontrol Tiang Pancang Berdiri Sendiri

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekwensi gelombang sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri.  $\omega$  gelombang diambil sebesar  $\frac{1}{6} S^{-1}$ . Dengan

perhitungan sebagai berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{\left(\frac{W \cdot i^3}{g}\right)}} \geq \omega$$

Dimana:

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 705000 \text{ cm}^4$$

$$w = 4,6 \text{ Ton}$$

$$i = 18,562 \text{ m}$$

$\omega$  tiang pancang miring

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \cdot 1,32 \times 10^5}{\left(\frac{4343,5 \cdot 1856,2^3}{1000}\right)}} \geq 4,6$$

$$\omega_t = 12,273 \text{ s} \geq 4,6 \text{ s}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa tiang pancang tegak stabil terhadap frekwensi gelombang dan mampu berdiri sendiri.

## j. Kontrol Tiang Pancang Terhadap Korosi

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang dapat terjadi pada tiang pancang. Terutama saat tiang pancang berada di pantai/laut lepas. dalam perencanaan ini, korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan yang digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi setebal 3 mm. dengan aturan OCDI kecepatan korosi adalah 0.3 mm/tahun, sehingga :

$$\text{Diameter rencana} = 1000 - 10 \times 0,3 = 997 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter dalam} = 1000 - 19 = 981 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= 0.25 \pi (D_1^2 - D_2^2) \\ &= 0.25 \pi (997^2 - 981^2) \\ &= 24856,281 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia (I)} &= 1/64 \pi (D_1^4 - D_2^4) \\ &= 1/64 \pi (997^4 - 981^4) \\ &= 616923,49 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Section modulus (W)} &= \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32(D)} \\ &= \frac{\pi(99,7^4 - 98,1^4)}{32(99,7)} \\ &= 6096,801 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\sigma_{ijin} = 2000 \text{ kg/ cm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{ijin} &= \sigma_{ijin} \times \text{Section Modulus} \\ &= 2000 \times 6096,801 \\ &= 12193602 \text{ Kgcm} \\ &= 121,936 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$M_{ijin} > M_u (24,041 \text{ tm}) \dots \text{Oke}$$

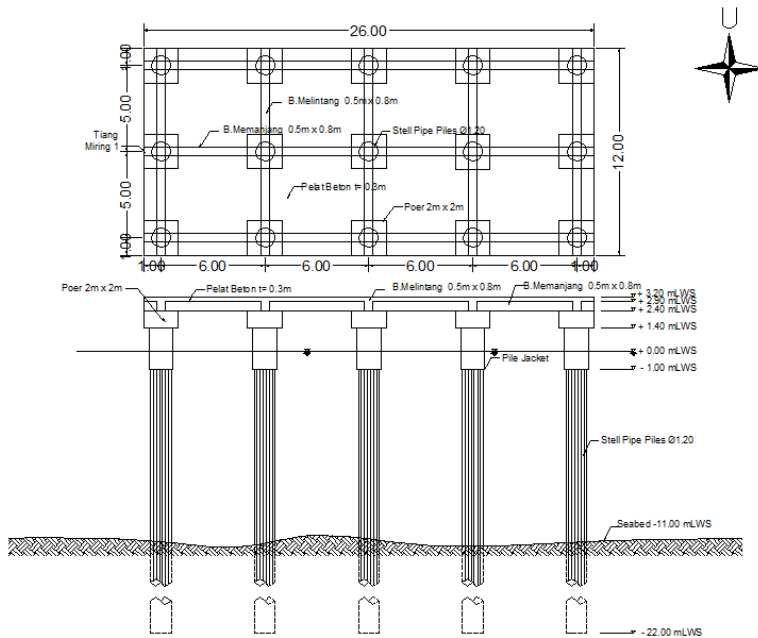
#### **6.4. Perencanaan Unloading Platform**

Struktur unloading Platform berfungsi sebagai tempat bongkar muatan. Di struktur unloading platform terdapat fasilitas bongkar seperti marine loading arm, Tower gangway, Fire Monitor Tower, Jib crane, pipa dan rumah pompa.

Struktur unloading platform direncanakan terdiri dari struktur atas yaitu pelat, balok, dan poer dan struktur bawah yaitu tiang pancang. Dalam tugas akhir ini unloading platform direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Panjang dermaga : 26 m
- Lebar dermaga : 12 m
- Dimensi balok : 600 mm x 900 mm
- Tebal Pelat : 300 mm
- Dimensi poer : 2 m x 2 m x 1 m
- Diameter pancang : 1,200 meter

Dari spesifikasi diatas direncanakan layout struktur unloading platform yang dapat dilihat pada gambar 6.9

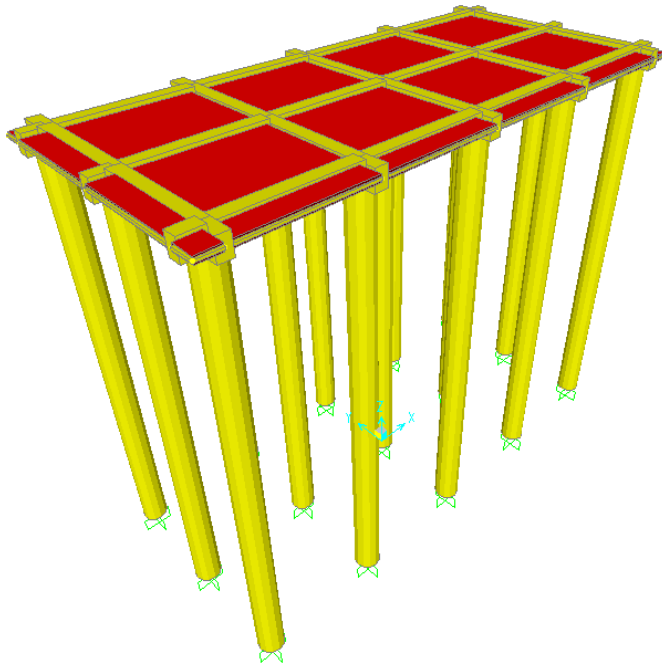


Gambar 6.9 Layout Unloading Platform

Pembebanan yang terjadi pada struktur mooring dolphin dapat dilihat pada bab IV subbab 4.5.4 pembebanan pada unloading platform. Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisa pada unloading platform dapat dilihat pada subbab 2.3.4

#### **6.4.1. Pemodelan Unloading Platform Pada Program SAP 2000 dan Output Gaya – Gaya Dalam**

Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan SAP 2000 v14.2.2. Melalui program bantu tersebut didapatkan hasil berupa gaya – gaya yang bekerja akibat beban pada unloading platform. Untuk pemodelan struktur unloading platform dapat dilihat pada gambar 6.10. untuk output gaya – gaya dalam hasil analisa dengan program SAP 2000 dapat dilihat pada Tabel 6.7



Gambar 6.10 Pemodelan Unloading Platform pada Program SAP 2000

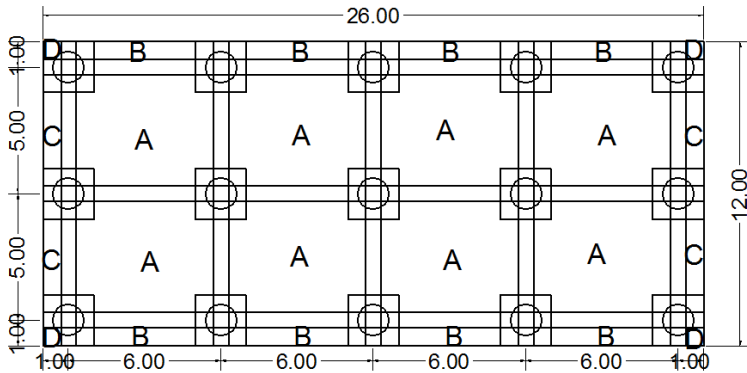


Tabel 6.7 Output Gaya – Gaya Dalam Unloading Platform

Struktur	Gaya	Frame/ joint	Comb	Nilai	
Balok melintang	M33	107	1	-20,10	tm
Balok Memanjang	M33	87	1	-34,488	tm
Pancang tegak	P (tarik)	-	-	-	ton
Pancang tegak	P (tekan)	Tiang tegak 9	1	-109,478	ton
Pancang tegak	V2	Tiang tegak 6	2	1,501	ton
Pancang tegak	V3	Tiang tegak 6	3	1,489	ton
Pancang tegak	M2	Tiang tegak 6	3	-16,288	tm
Pancang tegak	M3	Tiang tegak 6	2	-16,498	tm
Defleksi	U3	73	1	-1,523	mm

### 6.4.2. Perhitungan Pelat

Dilihat dari luasan pelat, tipe pelat dibagi menjadi 4 tipe pelat yaitu pelat tipe A (500 cm x 600 cm), tipe B (100 cm x 600 cm), tipe C (500 cm x 100 cm), dan tipe D (100 cm x 100 cm). Dimana dapat dilihat pada gambar 6.11



Gambar 6.11 Denah Pelat Unloading Pelatform

#### a. Pembebanan pelat

Dalam penentuan pembebanan pelat digunakan sampel masing- masing satu pelat dari seluruh pelat. Pelat yang dianggap menerima beban maksimum diambil sebagai sampel. Data – data yang digunakan sebagai berikut :

- Mutu beton K 300 ( $f_c'$ ) = 300 kg/cm<sup>2</sup>
- Mutu baja U 32 ( $f_y$ ) = 3200 kg/cm<sup>2</sup>
- Selimut beton = 7 cm
- Diameter tulangan = 16 mm ( $A_s = 2,0106 \text{ cm}^2$ )
- Berat beton bertulang = 2900 kg/m<sup>3</sup>
- Berat pipa + isi = 0,23331 ton/m
- Beban hidup = 3000 kg/m<sup>2</sup>
- Beban hujan setebal 5cm = 0,05 x 1 = 50 kg/m<sup>2</sup>

Pelat direncanakan menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL). kombinasi yang digunakan sebagai berikut:  
 $q_u = DL + LL$

- Pembebanan Pelat Tipe A

Tebal pelat = 300 mm

Beban Mati

Pelat  $= 0.3 \times 2900 \text{ kg/m}^3 = 870 \text{ kg/m}^2$

Dinding  $= \frac{100 \text{ kg/m} \times (3 \text{ m} \times 5,5 \text{ m})}{30 \text{ m}} = 55 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup

Beban Hidup (LL)  $= 3000 \text{ kg/m}^2$

Hujan  $= 50 \text{ kg/m}^2$

$LL_{\text{total}} = 3050 \text{ kg/m}^2$

Kombinasi pembebanan

$q_u = DL + LL$

$q_u = 925 + 3050 = 3975 \text{ kg/m}^2$

Perhitungan gaya – gaya dalam

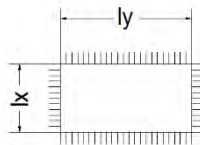
Untuk menganalisa gaya gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971). Perletakan yang digunakan diasumsikan pelat terjepit penuh. Perhitungan yang terjadi pada pelat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$M_{tx} = - 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$

$M_{lx} = + 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$

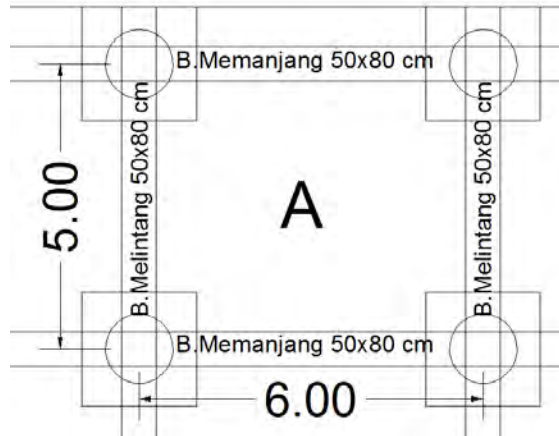
$M_{ty} = - 0,001 \times q \times l_y^2 \times X$

$M_{ly} = + 0,001 \times q \times l_y^2 \times X$



Gambar 6.12 Pelat Terjepit Penuh

Ukuran panjang dan lebar pelat tipe A dapat dilihat pada gambar 6.13



Gambar 6.13 Detail Pelat Tipe A

Nilai  $X$  pelat didapat dari tabel 13.3.1 PBI-1971

$$\begin{aligned} q_u &= 3975 \text{ kg/m}^2 \\ L_n &= 600 - (50/2 + 50/2) = 550 \text{ cm} = 5,5 \text{ m} \\ S_n &= 500 - (50/2 + 50/2) = 450 \text{ cm} = 4,5 \text{ m} \\ \beta &= \frac{L_n}{S_n} = \frac{550}{450} = 1,22 < 2 \text{ ( pelat dua arah)} \end{aligned}$$

Maka menggunakan interpolasi untuk mendapatkan nilai  $X$  dengan  $\beta = 1,25$  didapat hasil dapat dilihat pada tabel 6.8

Tabel 6.8 Nilai  $X$  dengan  $\beta = 1,25$

Momen	$\beta = 1,2$	$\beta = 1,22$	$\beta = 1,3$
$M_{tx}$	64	65	69
$M_{lx}$	28	28	31
$M_{ty}$	56	56	57
$M_{ly}$	20	20	19

Maka momen dengan pelat terjepit penuh dari tabel didapat :

$$M_{tx} = -0,001 \times 3975 \times 4,5^2 \times 65 = -5232,094 \text{ kg.m}$$

$$M_{lx} = +0,001 \times 3975 \times 4,5^2 \times 28 = 2253,825 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 3975 \times 4,5^2 \times 56 = -4507,65 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = +0,001 \times 3975 \times 4,5^2 \times 20 = 1609,875 \text{ kg.m}$$

- Pembebanan Pelat Tipe B

Tebal pelat = 300 mm

Beban Mati

$$\text{Pelat} = 0.3 \times 2900 \text{ kg/m}^3 = 870 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup

$$\text{Beban Hidup (LL)} = 3000 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Hujan} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$LL_{\text{total}} = 3050 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi pembebanan

$$q_u = DL + LL$$

$$q_u = 870 + 3050 = 3920 \text{ kg/m}^2$$

Perhitungan gaya – gaya dalam

Untuk menganalisa gaya gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971).

Perletakan yang digunakan diasumsikan pelat terjepit penuh.

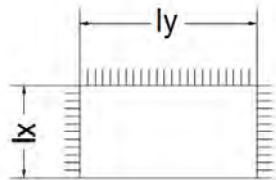
Perhitungan yang terjadi pada pelat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M_{tx} = -0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{lx} = +0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

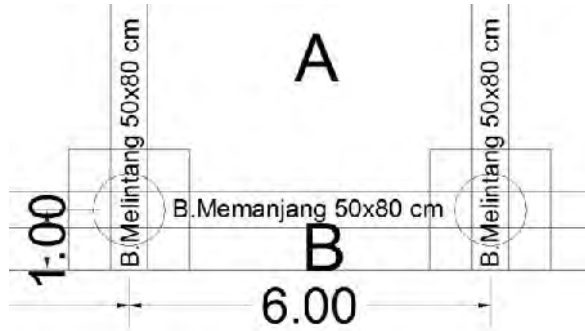
$$M_{ty} = -0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{ly} = +0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$



Gambar 6.14 Pelat Terjepit Penuh

Ukuran panjang dan lebar pelat tipe B dapat dilihat pada gambar 6.15



Gambar 6.15 Detail Pelat Tipe B

Nilai  $X$  pelat didapat dari tabel 13.3.1 PBI-1971

$$q_u = 3920 \text{ kg/m}^2$$

$$L_n = 600 - (50/2 + 50/2) = 550 \text{ cm} = 5,5 \text{ m}$$

$$S_n = 100 - 50/2 = 75 \text{ cm} = 0,75 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{550}{75} = 7,33 > 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

Maka nilai  $x$  dengan  $\beta = 7,33$  dapat dilihat pada tabel 6.9

Tabel 6.9 Nilai  $x$  dengan  $\beta = 7,33$

Momen	$\beta = 7,714$
Mtx	125
Mlx	63
Mty	79
Mly	13

Maka momen dengan pelat terjepit penuh dari tabel didapat :

$$M_{tx} = -0,001 \times 3920 \times 0,75^2 \times 125 = -264,6 \text{ kg.m}$$

$$M_{lx} = +0,001 \times 3920 \times 0,75^2 \times 63 = 132,3 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 3920 \times 0,75^2 \times 79 = -174,195 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = +0,001 \times 3920 \times 0,75^2 \times 13 = 39,69 \text{ kg.m}$$

- Pembebanan Pelat Tipe C

Tebal pelat = 300 mm

Beban Mati

$$\text{Pelat} = 0.3 \times 2900 \text{ kg/m}^3 = 870 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup

$$\text{Beban Hidup (LL)} = 3000 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Hujan} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{LL}_{\text{total}} = 3050 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi pembebanan

$$q_u = \text{DL} + \text{LL}$$

$$q_u = 870 + 3050 = 3920 \text{ kg/m}^2$$

Perhitungan gaya – gaya dalam

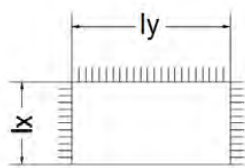
Untuk menganalisa gaya gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971). Perletakan yang digunakan diasumsikan pelat terjepit penuh. Perhitungan yang terjadi pada pelat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M_{tx} = - 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{lx} = + 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

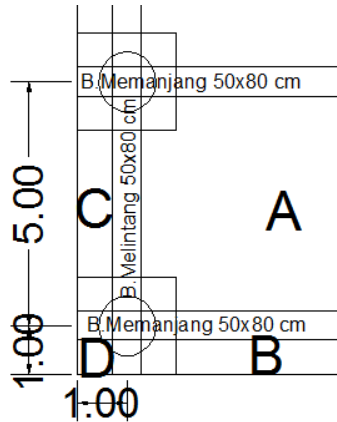
$$M_{ty} = - 0,001 \times q \times l_y^2 \times X$$

$$M_{ly} = + 0,001 \times q \times l_y^2 \times X$$



Gambar 6.16 Pelat Terjepit Penuh

Ukuran panjang dan lebar pelat tipe C dapat dilihat pada gambar 6.17



Gambar 6.17 Detail Pelat Tipe C

Nilai  $X$  pelat didapat dari tabel 13.3.1 PBI-1971

$$q_u = 3920 \text{ kg/m}^2$$

$$L_n = 600 - (50/2 + 50/2) = 550 \text{ cm} = 5,5 \text{ m}$$

$$S_n = 100 - 50/2 = 75 \text{ cm} = 0,75 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{550}{75} = 7,33 > 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

Maka nilai  $x$  dengan  $\beta = 7,33$  dapat dilihat pada tabel 6.10

Tabel 6.10 Nilai  $x$  dengan  $\beta = 7,33$

Momen	$\beta = 7,714$
$M_{tx}$	125
$M_{lx}$	63
$M_{ty}$	79
$M_{ly}$	13

Maka momen dengan pelat terjepit penuh dari tabel didapat :

$$M_{tx} = -0,001 \times 3920 \times 0,75^2 \times 125 = -264,6 \text{ kg.m}$$

$$M_{lx} = +0,001 \times 3920 \times 0,75^2 \times 63 = 132,3 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 3920 \times 0,75^2 \times 79 = -174,195 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = +0,001 \times 3920 \times 0,75^2 \times 13 = 39,69 \text{ kg.m}$$



- Pembebanan Pelat Tipe D

Tebal pelat = 300 mm

Beban Mati

Pelat =  $0.3 \times 2900 \text{ kg/m}^3$  =  $870 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup

Beban Hidup (LL) =  $3000 \text{ kg/m}^2$

Hujan =  $50 \text{ kg/m}^2$

$LL_{\text{total}}$  =  $3050 \text{ kg/m}^2$

Kombinasi pembebanan

$q_u = DL + LL$

$q_u = 870 + 3050 = 3920 \text{ kg/m}^2$

Perhitungan gaya – gaya dalam

Untuk menganalisa gaya gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971).

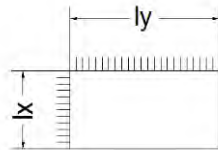
Perletakan yang digunakan diasumsikan pelat terjepit penuh. Perhitungan yang terjadi pada pelat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M_{tx} = - 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{lx} = + 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

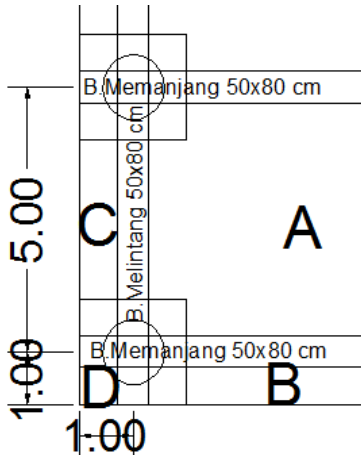
$$M_{ty} = - 0,001 \times q \times l_y^2 \times X$$

$$M_{ly} = + 0,001 \times q \times l_y^2 \times X$$



Gambar 6.18 Pelat Terjepit penuh

Ukuran panjang dan lebar pelat tipe D dapat dilihat pada gambar 6.19



Gambar 6.19 Detail Pelat Tipe D

Nilai  $X$  pelat didapat dari tabel 13.3.1 PBI-1971

$$q_u = 3920 \text{ kg/m}^2$$

$$L_n = 100 - 50/2 = 75 \text{ cm} = 0,75 \text{ m}$$

$$S_n = 100 - 50/2 = 75 \text{ cm} = 0,75 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{75}{75} = 1 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

Maka nilai  $x$  dengan  $\beta = 1$  dapat dilihat pada tabel 6.11

Tabel 6.11 Nilai  $x$  dengan  $\beta = 1$

Momen	$\beta = 1$
$M_{tx}$	68
$M_{lx}$	28
$M_{ty}$	68
$M_{ly}$	28

Maka momen dengan pelat terletak bebas dari tabel didapat :

$$M_{tx} = -0,001 \times 3920 \times 0,75^2 \times 68 = -149,94 \text{ kg.m}$$

$$M_{lx} = +0,001 \times 3920 \times 0,75^2 \times 28 = 61,74 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 3920 \times 0,75^2 \times 68 = -149,94 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = +0,001 \times 3920 \times 0,75^2 \times 28 = 61,74 \text{ kg.m}$$

## b. Perhitungan penulangan

Data perencanaan pelat

$$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 1/3 \sigma'_{bk} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Eb = 110851,252 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_a = 1280 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ea = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{110851,252} = 18,944$$

$\phi_0$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1280}{18,944 \times 100} = 0,676$$

Perhitungan tinggi manfaat

$$hx = h - d - 0,5 \text{ Øtul-lentur}$$

$$= 30 - 7 - 0,5 \cdot 1,6$$

$$= 22,2 \text{ cm}$$

## • Perhitungan tulangan tumpuan arah X pelat A

$$M_{tx} = -5232,094 \text{ kg.m} = -523209,4 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{22,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 523209,4}{100 \times 1280}}} = 2,523$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 2,523$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 1,217$$

$$100n\omega = 18,52/18,944/100$$

$$\omega = 0,0097$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,0097 \times 100 \times 22,2 \\ &= 21,702 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Didapat tulangan D16-80 dengan luas ( 22,1168 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan lapangan arah X pelat A

$$M_{lx} = 2253,825 \text{ kg.m} = 225382,5 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{22,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 225382,5}{100 \times 1280}}} = 3,844$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 3,844$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 2,115$$

$$100n\omega = 7,688/18,944/100$$

$$\omega = 0,00405$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,00405 \times 100 \times 22,2 \\ &= 9,009 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Didapat tulangan D16-160 dengan luas ( 10,0531 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan tumpuan arah Y pelat A

$$M_{ty} = -4507,65 \text{ kg.m} = -450765 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{22,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 450765}{100 \times 1280}}} = 2,718$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 2,718$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 1,347$$

$$100n\omega = 15,81/18,944/100$$

$$\omega = 0,00835$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,00835 \times 100 \times 22,2 \\ &= 18,527 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Didapat tulangan D16-90 dengan luas ( 20,106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan lapangan arah Y pelat A

$$M_{ly} = 1609,875 \text{ kg.m} = 160987,5 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{22,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 160987,5}{100 \times 1280}}} = 4,548$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 3,374$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 2,602$$

$$100n\omega = 5,33/18,944/100$$

$$\omega = 0,00281$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,00281 \times 100 \times 22,2 \\ &= 6,246 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-200 dengan luas ( 8,042 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan tumpuan arah X pelat B

$$M_{tx} = - 264,60 \text{ kg.m} = - 26460 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{22,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 26460}{100 \times 1280}}} = 11,218$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 11,218$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 7,302$$

$$100n\omega = 0,824/18,944/100$$

$$\omega = 0,000435$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,000435 \times 100 \times 22,2 \\ &= 0,965 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas ( 2,0106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan lapangan arah X pelat B

$$M_{lx} = 132,30 \text{ kg.m} = 13230 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{22,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 13230}{100 \times 1280}}} = 15,865$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 15,865$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 8,009$$

$$100n\omega = 0,693/18,944/100$$

$$\omega = 0,000365$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,000365 \times 100 \times 22,2 \\ &= 0,8121 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas ( 2,0106 cm<sup>2</sup>)

Perhitungan tulangan tumpuan arah Y pelat B

$$M_{ty} = -174,195 \text{ kg.m} = -17419,5 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{22,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 17419,5}{100 \times 1280}}} = 13,826$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 13,826$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 8,009$$

$$100n\omega = 0,693/18,944/100$$

$$\omega = 0,000365$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,000365 \times 100 \times 22,2 \\ &= 0,8121 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas ( 2,0106 cm<sup>2</sup>)

Perhitungan tulangan lapangan arah Y pelat B

$$M_{ly} = 39,69 \text{ kg.m} = 3969 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} = \frac{22,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 3969}{100 \times 1280}}} = 28,965$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 28,965$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 8,009$$

$$100n\omega = 0,693/18,944/100$$

$$\omega = 0,000365$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,000365 \times 100 \times 22,2 \\ &= 0,8121 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas ( 2,0106 cm<sup>2</sup>)

Perhitungan tulangan Pelat C sama dengan perhitungan tulangan pelat B

- Perhitungan tulangan pelat D tumpuan

$$M_{tx} = M_{ty} = - 149,94 \text{ kg.m} = - 14994 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} = \frac{22,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 14994}{100 \times 1280}}} = 14,903$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 14,903$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 8,009$$

$$100n\omega = 0,693/18,944/100$$

$$\omega = 0,000365$$

Tulangan tarik

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,000365 \times 100 \times 22,2$$

$$= 0,8121 \text{ cm}^2$$

Dipasang D16-500 dengan luas ( 2,0106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan pelat D lapangan

$$M_{lx} = M_{ly} = 61,74 \text{ kg.m} = 6174 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} = \frac{22,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 6174}{100 \times 1280}}} = 23,224$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 23,224$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 8,009$$

$$100n\omega = 0,693/18,944/100$$

$$\omega = 0,000365$$

Tulangan tarik

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,000365 \times 100 \times 22,2$$

$$= 0,8121 \text{ cm}^2$$

Dipasang D16-500 dengan luas ( 2,0106 cm<sup>2</sup>)



## c. Kontrol retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retaka pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha (C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p}) (\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p}) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

$\alpha$  = 1 (batang yang diprofilkan)

$c$  = 7 cm (tebal beton decking)

$w_{\text{bar}}$  =  $\frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan}$   
 $= \frac{1}{4} \pi 0,016^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 1,578 \text{ kg/m}$

$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12,8 \sqrt{1,578} = 16,079$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$A$  = Luas tulangan tarik

$B_t$  = Luas penampang beton yang tertarik

$$= 100 \times 22,2 \text{ cm}$$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{16,0848}{100 \times 22,2} = 0,00725$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\Phi} = \frac{1280}{1,217} = 1051,767$$

maka besar retakanan yang didapat

$$w = 1 (1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{1,6079}{0,00725}) (1051,767 - \frac{30}{0,00725}) 10^{-6}$$

$$= - 0,0712 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots \text{Ok}$$

## d. Rekap Penulangan pelat

Untuk hasil perhitungan tulangan yang lain dapat dilihat pada tabel 6.12

Tabel 6.12 Rekap Penulangan Pelat pada Unloading Platform

Tipe Pelat	Segmen	Arah	Tulangan yang Didapat	Tulangan yang Dipasang
A	Tumpuan	X	D16-80	D16-80
	lapangan	X	D16-160	D16-160
	Tumpuan	Y	D16-90	D16-90
	lapangan	Y	D16-200	D16-180
B	Tumpuan	X	D16-500	D16-500
	lapangan	X	D16-500	D16-500
	Tumpuan	Y	D16-500	D16-180
	lapangan	Y	D16-500	D16-360
C	Tumpuan	X	D16-500	D16-160
	lapangan	X	D16-500	D16-360
	Tumpuan	Y	D16-500	D16-500
	lapangan	Y	D16-500	D16-500
D	Tumpuan	X	D16-500	D16-500
	lapangan	X	D16-500	D16-500
	Tumpuan	Y	D16-500	D16-500
	lapangan	Y	D16-500	D16-500

### 6.4.3. Perhitungan Balok

Data perencanaan balok:

Lebar (b) = 50 cm

Tinggi (h) = 80 cm

Decking = 7 cm

Diameter tulangan utama = 2,9 cm ( $A_s = 6,605 \text{ cm}^2$ )

Diameter tulangan sengkang = 1,6 cm ( $A_s = 2,0106 \text{ cm}^2$ )

Data bahan

Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 1/3 \sigma'_{bk} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 110851,252 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_a = 1280 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{110851,252} = 18,944$$

$\phi_0$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1280}{18,944 \times 100} = 0,676$$

Perhitungan tinggi manfaat

$$\begin{aligned} h_x &= h - d - 0,5 \text{ Øtul-lentur} \\ &= 80 - 7 - 1,6 - 0,5 \cdot 2,9 \\ &= 69,95 \text{ cm} \end{aligned}$$

a. Perhitungan Tulangan Tumpuan Balok Memanjang

Mtumpuan= 3448800 kg.cm

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{69,95}{\sqrt{\frac{18,944 \times 3448800}{50 \times 1280}}} = 2,189$$

Diambil  $\delta = 0,4$  untuk  $Ca = 2,189$  dari tabel lentur "n" PBI 1971 diperoleh:

$$\Phi = 1,23$$

$$\omega = 24,2/18,944/100 \\ = 0,0128$$

Tulangan Tarik

$$As = \omega b h \\ = 0,0128 \times 50 \times 69,95 = 44,678 \text{ cm}^2$$

Dipasang 7-D29 dengan luas (46,236 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As \\ = 0,4 \times 46,236 = 18,494 \text{ cm}^2$$

Dipasang 3-D29 dengan luas (19,816 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$sd = 10\% \times 46,236 = 4,6236 \text{ cm}^2$$

Dipasang 4-D16 dengan luas (8,0424 cm<sup>2</sup>)

Cek Jarak Tulangan Tarik

$$s = \frac{B - 2x_{decking} - 2x\phi_{sengkang} - 7x\phi_{tulangan}}{7 - 1}$$

$$s = \frac{60 - 2 \times 7 - 2 \times 1,6 - 7 \times 2,9}{7 - 1} = 4,5 \text{ cm} > 2,9 \text{ cm, Ok}$$

karena  $S > D+1\text{cm} = 3,9 \text{ cm}$ , maka tulangan cukup dipasang satu baris.

b. Perhitungan Tulangan Lapangan Balok Memanjang

Mlapangan= 2154000 kg.cm

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{69,95}{\sqrt{\frac{18,944 \times 2154000}{50 \times 1280}}} = 2,77$$

Diambil  $\delta = 0,4$  untuk  $Ca = 2,77$  dari tabel lentur "n" PBI 1971 diperoleh:

$$\Phi = 1,597$$

$$\omega = 14,79/18,944/100$$

$$= 0,0078$$

Tulangan Tarik

$$As = \omega b h$$

$$= 0,0078 \times 50 \times 69,95 = 27,305 \text{ cm}^2$$

Dipasang 5-D29 dengan luas (33,026 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As$$

$$= 0,4 \times 33,026 = 13,21 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D29 dengan luas (13,210 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$Asd = 10\% \times 33,026 = 3,3026 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D16 dengan luas (4,0212 cm<sup>2</sup>)

Cek Jarak Tulangan Tarik

$$s = \frac{B - 2x_{decking} - 2x\phi_{sengkang} - 5x\phi_{tulangan}}{5 - 1}$$

$$s = \frac{60 - 2 \times 7 - 2 \times 1,6 - 5 \times 2,9}{5 - 1} = 6,75 \text{ cm} > 2,9 \text{ cm, Ok}$$

karena  $S > D+1 \text{ cm} = 3,9 \text{ cm}$ , maka tulangan cukup dipasang satu baris

c. Perhitungan Tulangan Tumpuan Balok Melintang

Mtumpuan= 2010900 kg.cm

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{69,95}{\sqrt{\frac{18,944 \times 2010900}{50 \times 1280}}} = 2,867$$

Diambil  $\delta = 0,4$  untuk  $Ca = 2,867$  dari tabel lentur "n" PBI 1971 diperoleh:

$$\Phi = 1,648$$

$$\omega = 13,94/18,944/100 \\ = 0,00736$$

Tulangan Tarik

$$As = \omega b h \\ = 0,00736 \times 50 \times 69,95 = 25,736 \text{ cm}^2$$

Dipasang 5-D29 dengan luas (33,026 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As \\ = 0,4 \times 33,026 = 13,21 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D29 dengan luas (13,210 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$Asd = 10\% \times 33,026 = 3,3026 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D16 dengan luas (4,0212 cm<sup>2</sup>)

Cek Jarak Tulangan Tarik

$$s = \frac{B - 2x_{decking} - 2x\phi_{sengkang} - 5x\phi_{tulangan}}{5 - 1}$$

$$s = \frac{60 - 2 \times 7 - 2 \times 1,6 - 5 \times 2,9}{5 - 1} = 6,75 \text{ cm} > 2,9 \text{ cm, Ok}$$

karena  $S > D+1\text{cm} = 3,9 \text{ cm}$ , maka tulangan cukup dipasang satu baris

d. Perhitungan Tulangan Lapangan Balok Melintang  
 Mlapangan= 1371800 kg.cm

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{69,95}{\sqrt{\frac{18,944 \times 1371800}{50 \times 1280}}} = 3,471$$

Diambil  $\delta = 0,4$  untuk  $Ca = 3,471$  dari tabel lentur "n" PBI 1971 diperoleh:

$$\Phi = 2,05$$

$$\omega = 9,28/18,944/100$$

$$= 0,0049$$

Tulangan Tarik

$$As = \omega b h$$

$$= 0,0049 \times 50 \times 69,95 = 17,133 \text{ cm}^2$$

Dipasang 3-D29 dengan luas (19,816 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As$$

$$= 0,4 \times 19,816 = 7,926 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D29 dengan luas (13,210 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$Asd = 10\% \times 19,816 = 1,9816 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D16 dengan luas (4,0212 cm<sup>2</sup>)

Cek Jarak Tulangan Tarik

$$s = \frac{B - 2x_{decking} - 2x\phi_{sengkang} - 3x\phi_{tulangan}}{3 - 1}$$

$$s = \frac{60 - 2 \times 7 - 2 \times 1,6 - 3 \times 2,9}{3 - 1} = 13,5 \text{ cm} > 2,9 \text{ cm, Ok}$$

karena  $S > D+1 \text{ cm} = 3,9 \text{ cm}$ , maka tulangan cukup dipasang satu baris

e. Kontrol Retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retaka pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha (C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p}) (\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p}) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

$\alpha$  = 1 (batang yang diprofilkan)

$c$  = 7 cm (tebal beton decking)

$w_{\text{bar}}$  =  $\frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan}$   
 $= \frac{1}{4} \pi 0,029^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3$   
 $= 5,185 \text{ kg/m}$

$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12,8 \sqrt{5,185} = 29,146 \text{ mm}$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$\omega_p = \frac{A}{B_t}$  ;  $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,16$  dan  $C_5 = 30$

$A$  = Luas tulangan tarik

$B_t$  = Luas penampang beton yang tertarik  
 $= 50 \times 69,95 \text{ cm}$

maka  $\omega_p = \frac{46,236}{50 \times 69,95} = 0,00661$

$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\Phi} = \frac{1280}{1,79} = 715,084$

maka besar retakanan yang didapat

$w = 1 (1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{29,146}{0,00661}) (715,084 - \frac{30}{0,00661}) 10^{-6}$   
 $= - 0,283 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots \text{Oke}$



## f. Kontrol Dimensi Balok

$$V = 27709 \text{ Kg}$$

$$T = 28355 \text{ Kgcm}$$

$$\tau_b = \frac{V}{b \cdot \frac{7}{8} \cdot h} = \frac{27709}{50 \cdot \frac{7}{8} \cdot 68,95} = 9,054 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Untuk  $ht > b$

$$\psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{ht}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{80}{50}} = 4,268$$

$\psi$  = koefisien untuk menghitung tegangan geser puntir

Tegangan geser puntir beton pada penampang balok persegi di tengah - tengah tepi penampang yang vertikal (PBI '71 Pasal 11.8.1) :

$$\tau'_b = \frac{\psi \cdot T}{b^2 \cdot ht} = \frac{4,268 \cdot 28355}{50^2 \cdot 80} = 0,605 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_{bm} = 1,62\sqrt{300} = 28,059 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b = 9,054 + 0,605 = 9,659 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b < \tau_{bm} \quad \dots \text{Ok}$$

Ukuran balok 60/90 memenuhi syarat

## g. Perhitungan Tulangan Geser

Tegangan beton yang diijinkan berdasarkan PBI '71 tabel 10.4.2 akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :

Untuk pembebanan tetap

$$\tau'_{bm-t} = 1,35\sqrt{\sigma'_{bk}} = 1,35\sqrt{300} = 25,26 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Untuk pembebanan sementara

$$\tau'_{bm-t} = 2,12\sqrt{\sigma'_{bk}} = 2,12\sqrt{300} = 36,719 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Senggang ditumpuan balok (PBI '71 Pasal 11.7(1))

$$\tau_b = \frac{V}{b \cdot \frac{7}{8} \cdot h} = 9,054 \text{ Kg} / \text{cm}^2 \quad (L = 6 \text{ m})$$

$$\left. \begin{array}{l} \tau_b < \tau'_{bm-t} \\ \tau_b < \tau'_{bm-s} \end{array} \right\} \text{ Ok, diperlukan sengkang!}$$

Direncanakan sengkang:

$$D = 16 \text{ mm}$$

$$As = 2,0096 \text{ cm}^2$$

$$2 As = 4,02 \text{ cm}^2 \text{ (Sengkang 2 kaki)}$$

$$\sigma_a = 1280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\tau_b = \frac{(3-0,3)}{3} 9,054 = 8,149 \text{ Kg} / \text{cm}^2 \quad (L = 6 \text{ m})$$

$$as < \frac{As \cdot \sigma_a}{\tau_b \cdot b} = \frac{4,02 \cdot 1280}{8,149 \cdot 50} = 12,633 \text{ cm}$$

Jadi dipasang sengkang D16 – 120 mm

Senggang di daerah > 1 m dari ujung balok 5,4 m

$$\tau_b = \frac{(2,7-1)}{2,7} 8,149 = 5,131 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$as < \frac{As \cdot \sigma_a}{\tau_b \cdot b} = \frac{4,02 \cdot 1280}{5,131 \cdot 50} = 20,064 \text{ cm}$$

Jadi dipasang sengkang D16 – 200 mm

h. Panjang Tulang Penyaluran

Untuk *tulangan tarik*, berdasarkan PBI'71 pasal 8.6.2 ditetapkan sebagai berikut untuk tulangan ulir:

$$As_{D29} = 6,605 \text{ cm}^2$$

$$L_d = 0,07 \frac{A \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma_{bk}}} \geq 0,0065 \cdot d_p \cdot \sigma_{au}$$

$$L_d = 0,07 \frac{6,605 \cdot 2780}{\sqrt{300}} \geq 0,0065 \cdot 2,9 \cdot 2780$$

$$L_d = 74,209 \text{ cm} \geq 52,403 \text{ cm} \quad (\text{Jadi } L_d \text{ dipakai } 80 \text{ cm})$$

Untuk tulangan tekan, berdasarkan PBI'71 pasal 8.7.2 ditetapkan sebagai berikut untuk tulangan ulir:

$$A_s D29 = 6,605 \text{ cm}^2$$

$$L_d = 0,09 \frac{d \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma_{bk}'}} \geq 0,005 \cdot d_p \cdot \sigma_{au}$$

$$L_d = 0,09 \frac{6,605 \cdot 2780}{\sqrt{300}} \geq 0,005 \cdot 2,92 \cdot 2780$$

$$L_d = 95,411 \text{ cm} \geq 40,588 \quad (\text{Jadi } L_d \text{ dipakai } 100 \text{ cm})$$

i. Rekap penulangan Balok

Dari perhitungan diatas maka penulangan yang didapat dapat dilihat pada tabel 6.13

Tabel 6.13 Rekap Penulangan Balok pada Unloading Platform

Arah	Segmen	Posisi	Tulangan utama	Tulangan samping	Senggang
Memanjang	tumpuan	Atas	7D29	4D16	D16-120
		Bawah	3D29		
	lapangan	Atas	2D29	2D16	D16-200
		Bawah	5D29		
Melintang	tumpuan	Atas	5D29	2D16	D16-140
		Bawah	3D29		
	lapangan	Atas	2D29	2D16	D16-300
		Bawah	3D29		



#### 6.4.4. Perhitungan Poer (pile cap)

Penulangan poer pada struktur unloading platform ini merupakan jenis poer tunggal dengan data sebagai berikut :

Panjang = 200 cm

Lebar = 200 cm

Tinggi(h) = 100 cm

deck (d) = 7 cm

Diameter tulangan lentur = 2,9 cm ( $A_s = 6,605 \text{ cm}^2$ )

Diameter tulangan geser = 1,6 cm ( $A_s = 2,0106 \text{ cm}^2$ )

Data bahan

Mutu Beton

$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_b = 1/3 \sigma'_{bk} = 100 \text{ kg/cm}^2$

$E_b = 110851,252 \text{ kg/cm}^2$

Mutu Baja

$\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma'_a = 1280 \text{ kg/cm}^2$

$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$n$  = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{110851,252} = 18,944$$

$\phi_0$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan  $n$  kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1280}{18,944 \times 100} = 0,676$$

Perhitungan tinggi manfaat

$$\begin{aligned} h_x &= h - d - 0,5 \text{ Øtul-lentur} \\ &= 100 - 7 - 2,9 - 0,5 \cdot 2,9 \\ &= 88,65 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dari hasil SAP 2000 untuk momen pada pelat didapatkan :

$$M_t = M_l = 16,498 \text{ tm} = 1649800 \text{ kg.cm}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan. Untuk  $h/b = 1/2 = 0,5 > 0,4$ , sehingga poer didesain sebagai balok dengan  $\delta = 0,4$

a. Penulangan poer

$$M_t = M_l = 1649800 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{88,65}{\sqrt{\frac{18,944 \times 1649800}{100 \times 1280}}} = 5,673$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0,4$  dan  $Ca = 5,673$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 3,49$$

$$100n\omega = 3,352/18,944/100$$

$$\omega = 0,00177$$

Tulangan tarik

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,00177 \times 100 \times 88,65$$

$$= 15,685 \text{ cm}^2$$

Dipasang 3D29 dengan luas ( 19,8156 cm<sup>2</sup>)

Tulangan Tekan

$$A' = \delta A_s$$

$$= 0,4 \times 19,8156 = 7,926 \text{ cm}^2$$

Dipasang 3D29 dengan luas (13,210 cm<sup>2</sup>)

Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$A_{sd} = 10\% \times 19,8156 = 1,98156 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2D16 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

## b. Kontrol retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retaka pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

$\alpha$  = 1 (batang yang diprofilkan)

$c$  = 8 cm (tebal beton decking)

$$\begin{aligned} w_{\text{bar}} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan} \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,029^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 5,185 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12,8 \sqrt{5,185} = 29,147 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$A$  = Luas tulangan tarik

$$\begin{aligned} B_t &= \text{Luas penampang beton yang tertarik} \\ &= 100 \times 88,65 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{19,8156}{100 \times 88,65} = 0,00224$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\Phi} = \frac{1280}{3,49} = 366,762$$

maka besar retakanan yang didapat

$$\begin{aligned} w &= 1 \left( 1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{2,9147}{0,00224} \right) \left( 366,762 - \frac{30}{0,00224} \right) 10^{-6} \\ &= -2,861 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots \text{Oke} \end{aligned}$$

c. Kontrol geser pons

Pada struktur unloading platform, kontrol geser pons perlu dikontrol karena pada struktur ini tidak ada balok, sehingga tiang pancang langsung menumpu pada poer. Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus:

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm} \quad (\text{PBI 71 11.9.(2)})$$

Dimana:

P = gaya aksial pelat dari tiang pancang

c = diameter tiang pancang

ht = tinggi total pelat atau poer

$\tau_{bm}$  = tegangan ijin beton ( $0,65\sqrt{\sigma'_{bk}}$ )

Sehingga:

$$\tau_{bp} = \frac{109,478 \times 10^3}{\pi \cdot (120 + 100) \cdot 100} \leq 0,65\sqrt{300}$$

$$\tau_{bp} = 1,584 \text{ kg/cm}^2 \leq 11,258 \text{ kg/cm}^2$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin beton, maka poer dikatakan aman dari gaya pons atau keruntuhan akibat pons.

d. Rekap Penulangan

Dari perhitungan diatas maka penulangan yang didapat dapat dilihat pada tabel 6.14

Tabel 6.14 Rekap Penulangan Poer pada Unloading Platform

Segmen	Tulangan utama	Tulangan samping
Tumpuan	3D29	2D16
Lapangan	3D29	



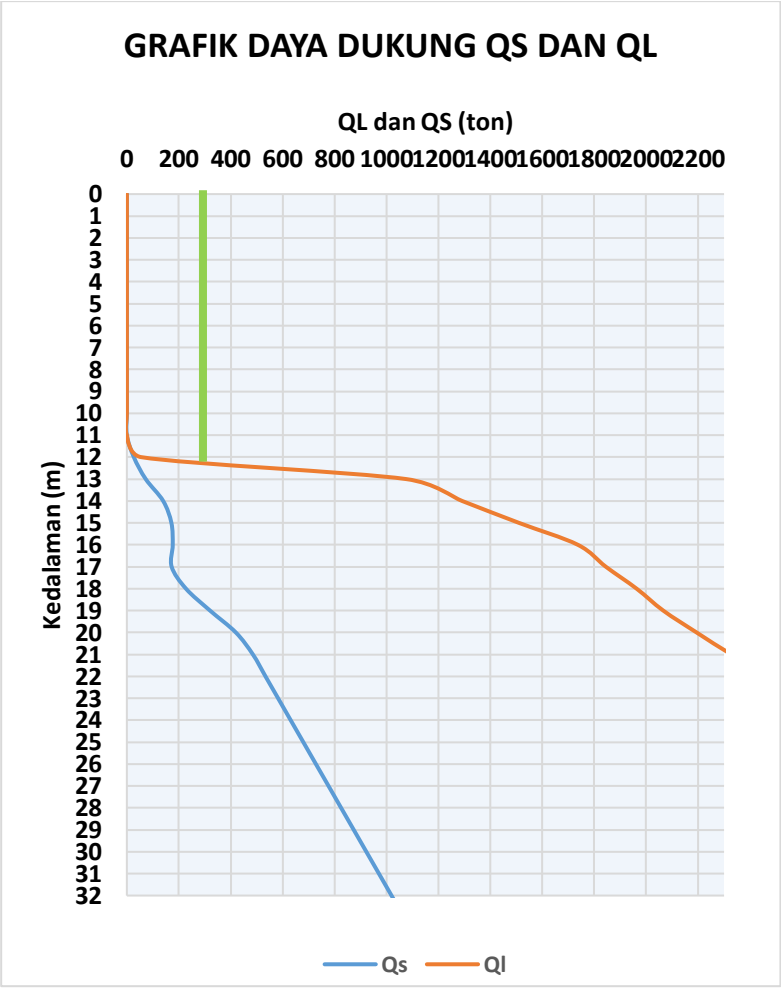
#### 6.4.5. Perhitungan Tiang Pancang

Pada perencanaan struktur unloading platform ini, tiang pancang yang digunakan tiang pancang tegak. Spesifikasi tiang pancang baja yang digunakan sebagai berikut:

Diameter (D)	: 1200 mm
Tebal (t)	: 19 mm
Luas (A)	: 704,9 cm <sup>2</sup>
Momen Inersia (I)	: 1230000 cm <sup>4</sup>
Berat	: 553 kg/m
Section Modulus (Z)	: 20500 cm <sup>3</sup>
Young Modulus (E)	: 2100000 kg/cm <sup>4</sup>

##### a. Kontrol kebutuhan kedalaman tiang pancang

Pada perencanaan struktur unloading platform. Hasil analisa gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang diperoleh dari analisa struktur dengan menggunakan program SAP 2000 dapat dilihat pada tabel 6.7. Untuk grafik daya dukung tanah berdasarkan tiang paancang rencana dapat dilihat pada gambar 6.22.



Gambar 6.22 Grafik Daya Dukung Tanah

Catatan :

Tiang Tarik      —

Tiang Teka      —

## b. Perencanaan tiang tekan

Berdasarkan tabel di atas nilai  $P_{\text{tekan}}$  untuk tiang tegak sebesar -109,478 ton, Sehingga :

$$Q_u = 3 \times 109,478 = 328,434 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah, kedalaman tiang yang dibutuhkan untuk memikul gaya ini adalah sedalam -2 m dari *seabed* atau -13 mLWS dengan daya dukung tanah sebesar 1075,51 ton.

## c. Titik jepit tiang

Perhitungan letak jepit tanah terhadap tiang untuk tanah normally consolidated clay and granular,  $Z_f = 1,8T$  dimana :

$$\text{Tinggi struktur (H)} = Z_f + e$$

$$T = \left( \frac{E \cdot I}{n_h} \right)^{\frac{1}{5}} ; n_h \text{ diambil sebesar } 500 \text{ kN/m}^3$$

$$T = \left( \frac{2100000 \times 1230000}{0,5} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 348,844 \text{ cm} = 3,488 \text{ m}$$

$$Z_f = 1,8 \times 3,488$$

$$= 6,28 \text{ m (dibawah seabed)}$$

$$\text{Tinggi struktur (e)} = 14,2 \text{ (diatas seabed)}$$

$$H = Z_f + e = 20,479 \text{ m} \approx 21 \text{ m}$$

Kedalaman tiang yang digunakan adalah titik jepit tiang dikarenakan daya dukung tiang masih diatas titik jepit tiang. Maka kedalaman tiang didapat sebesar -21 meter.

## d. Perhitungan Kalendering

Perumusan kalendering yang dipakai perumusan *Alfred Hiley Formula (1930)*, sebagai berikut :

$$Q_u = \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0,5 \cdot C} \times \frac{W + n^2 \cdot W_p}{W + W_p}$$

Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai S atau penetrasi/blow, yaitu pengamatan

yang dilakukan rata-rata di tiga set terakhir, dengan 10 pukulan tiap setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama  $S > S'$ , maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

$S$  = nilai penetrasi/ blow rencana dari perhitungan

$S'$  = nilai penetrasi/ blow saat pemancangan

Kalendering tiang pancang tegak :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$\emptyset_{\text{tiang}} = 120\text{cm}$

$t = 1.9\text{ cm}$

$P = 109,478\text{ ton}$

$SF = 3$

$Q_u = 109,478 \times 3 = 328,434\text{ ton}$

$\alpha = 2,5$  (*hydraulic hammer*)

$W = 5\text{ ton}$  (*hydraulic hammer*)

$H = 2\text{ m}$ , tinggi jatuh hammer kondisi normal

$C_1 = 5\text{mm}$  (*hard cushion + packing*)

$C_2 = 10\text{ mm}$  (Steel Pile)

$C_3 = 4$  (*soft ground*)

$n = 0,32$  (*compact wood cushion on steel pile*)

Panjang tiang pancang tegak yang dibutuhkan,

$L = 21$

$W_p = 0,553\text{ ton/m} \times 21\text{ m}$

$= 11,613\text{ ton}$

$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19\text{ mm} = 0.019\text{ m}$

$$328,434 = \frac{2,5 \cdot 5 \cdot 2}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 11,613}{5 + 11,613}$$

$$328,434(S + 0,5 \cdot 0,019) = 2,5 \cdot 5 \cdot 2 \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 11,613}{5 + 11,613}$$

$$328,434S = 25 \times 0,373 - 3,120$$

$S = 0,0189\text{ m} = 18,9\text{ mm}$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 19 mm/10 blow .

e. Kontrol Kuat Tekuk

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(Z_f + e)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2100000 \cdot 1230000}{(576 + 1420)^2}$$

$$P_{cr} = 6398866,914 \text{ kg} = 6398,866914 \text{ ton}$$

$$P_{cr} > P_u (109,478 \text{ ton}) \dots\dots (\text{OK})$$

f. Kontrol Tiang Pancang Berdiri Sendiri

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekwensi gelombang sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri.  $\omega$  gelombang diambil sebesar  $\frac{1}{6} S^{-1}$ . Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{\left(\frac{W \cdot i^3}{g}\right)}} \geq \omega$$

Dimana:

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 1230000 \text{ cm}^4$$

$$w = 4,6 \text{ Ton}$$

$$I = 18,562 \text{ m}$$

$\omega$  tiang pancang miring

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \cdot 1,32 \times 10^5}{\left(\frac{4343,5 \cdot 1856,2^3}{1000}\right)}} \geq 4,6$$

$$\omega_t = 5,464 \text{ s} \geq 4,6 \text{ s}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa tiang pancang tegak dan tiang pancang miring stabil terhadap frekwensi gelombang dan mampu berdiri sendiri.

g. Kontrol Tiang Pancang Terhadap Korosi

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang dapat terjadi pada tiang pancang. Terutama saat tiang pancang berada di pantai/laut lepas.dalam perencanaan ini, korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan yang digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi setebal 3 m. dengan aturan OCDI kecepatan korosi adalah 0.3 mm/tahun, sehingga :

$$\text{Diameter rencana} = 1200 - 10 \times 0,3 = 1197 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter dalam} = 1200 - 19 = 1181 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= 0.25 \pi (D1^2 - D2^2) \\ &= 0.25 \pi (1197^2 - 1181^2) \\ &= 29882,829 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia (I)} &= 1/64 \pi (D1^4 - D2^4) \\ &= 1/64 \pi (119,7^4 - 118,1^4) \\ &= 528098,698 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Section modulus (W)} &= \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32(D)} \\ &= \frac{\pi(101,6^4 - 98,0^4)}{32(101,6)} \\ &= 8823,704 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\sigma_{ijin} = 2000 \text{ kg/ cm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{ijin} &= \sigma_{ijin} \times \text{Section Modulus} \\ &= 2000 \times 8823,704 \\ &= 17647408 \text{ Kgcm} \\ &= 176,474 \text{ tm} \end{aligned}$$

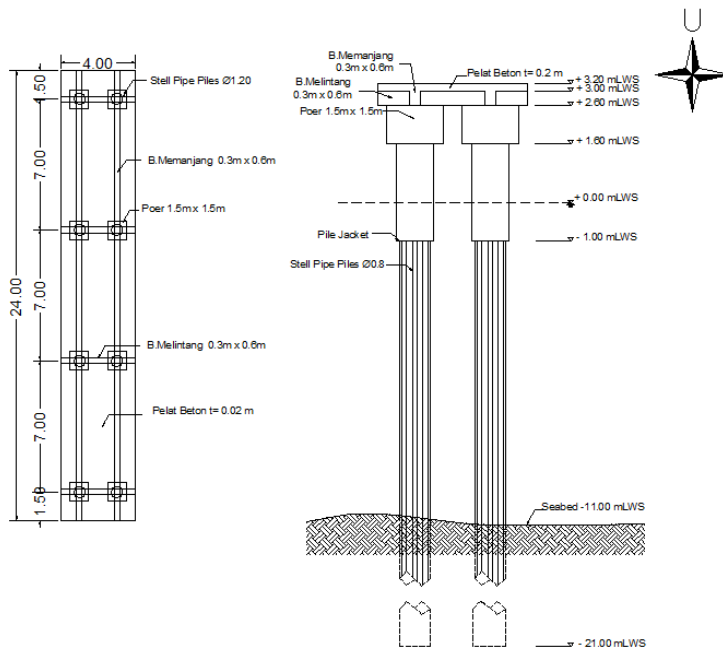
$$M_{ijin} > M_u (16,498 \text{ tm}) \dots \text{Ok}$$

### 6.5. Perencanaan Trestle

Trestle adalah bagian struktur jetty yang berfungsi sebagai jembatan untuk menghubungkan unloading platform dengan darat. Struktur trestle direncanakan terdiri dari struktur atas yaitu pelat, balok, dan poer dan struktur bawah yaitu tiang pancang. Dalam tugas akhir ini trestle direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Panjang trestle : 24 m
- Lebar trestle : 4 m
- Dimensi balok : 300 mm x 600 mm
- Tebal Pelat : 200 mm
- Dimensi poer : 1 m x 1 m
- Tebal poer : 1 meter
- Diameter pancang : 1,000 meter

Dari spesifikasi diatas direncanakan layout struktur trestle yang dapat dilihat pada gambar 6.23



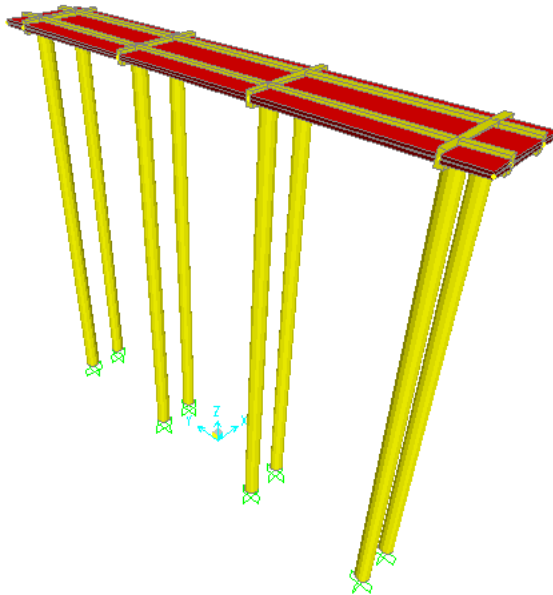
Gambar 6.23 Layout Trastle

Pembebanan yang terjadi pada struktur trastle dapat dilihat pada bab IV subbab 4.5.5 pembebanan pada trastle. Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisa pada trastle dapat dilihat pada subbab 2.3.4



### 6.5.1 Pemodelan Trastle Pada Program SAP 2000 dan Output Gaya – Gaya Dalam

Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan SAP 2000 v14.2.2. Melalui program bantu tersebut didapatkan hasil berupa gaya – gaya yang bekerja akibat beban pada Trastle. Untuk pemodelan struktur unloading platform dapat dilihat pada gambar 6.24. untuk output gaya – gaya dalam hasil analisa dengan program SAP 2000 dapat dilihat pada Tabel 6.15



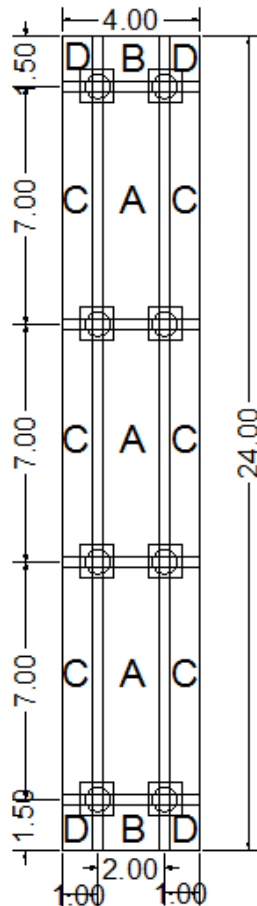
Gambar 6.24 Pemodelan Trastle pada Program SAP 2000

Tabel 6.15 Output Gaya – Gaya Dalam Trastle

Struktur	Gaya	Frame/ joint	Comb	Nilai	
Balok melintang	M33	7	1	-3,597	tm
Balok Memanjang	M33	14	1	-13,145	
Pancang tegak	P (tarik)	-	-	-	ton
Pancang tegak	P (tekan)	Tiang tegak 3	1	-43,836	ton
Pancang tegak	V2	Tiang tegak 3	2	0,51	ton
Pancang tegak	V3	Tiang tegak 7	3	0,597	ton
Pancang tegak	M2	Tiang tegak 1	3	-7,99	tm
Pancang tegak	M3	Tiang tegak 3	2	-5,366	tm
Defleksi	U1	6	2	-4,058	mm

### 6.5.2 Perhitungan Pelat

Dilihat dari luasan pelat, tipe pelat dibagi menjadi 4 tipe pelat yaitu pelat tipe A (200 cm x 700 cm), tipe B (150 cm x 200 cm), tipe C (100 cm x 700 cm), dan tipe D (100 cm x 150 cm). Dimana dapat dilihat pada gambar 6.25



Gambar 6.25 Denah Pelat Trestle

a. Pembebanan pelat

Dalam penentuan pembebanan pelat digunakan sampel masing- masing satu pelat dari seluruh pelat. Pelat yang dianggap menerima beban maksimum diambil sebagai sampel. Data – data yang digunakan sebagai berikut :

- Mutu beton K 300 ( $f_c'$ ) = 300 kg/cm<sup>2</sup>
- Mutu baja U 32 ( $f_y$ ) = 3200 kg/cm<sup>2</sup>
- Selimut beton = 7 cm
- Diameter tulangan = 16 mm
- Berat beton bertulang = 2900 kg/m<sup>3</sup>
- Berat pipa + isi = 0,23331 ton/m
- Beban hidup = 1500 kg/m<sup>2</sup>
- Beban hujan setebal 5cm = 0,05 x 1 = 50 kg/m<sup>2</sup>
- Diameter tulangan = 1,6 cm ( $A_s = 2,0106 \text{ cm}^2$ )

Pelat direncanakan menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL). kombinasi yang digunakan sebagai berikut:

$$q_u = DL + LL$$

- Pembebanan Pelat Tipe A

Tebal pelat = 200 mm

Beban Mati

$$\text{Pelat} = 0,20 \times 2900 \text{ kg/m}^3 = 580 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup

$$\text{Beban Hidup (LL)} = 1500 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Hujan} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$LL_{\text{total}} = 1550 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi pembebanan

$$q_u = DL + LL$$

$$q_u = 580 + 1550 = 2130 \text{ kg/m}^2$$

Perhitungan gaya – gaya dalam

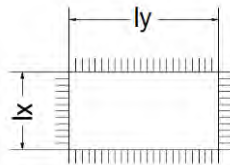
Untuk menganalisa gaya – gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971). Perletakan yang digunakan diasumsikan pelat terjepit penuh. Perhitungan yang terjadi pada pelat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M_{tx} = - 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{lx} = + 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

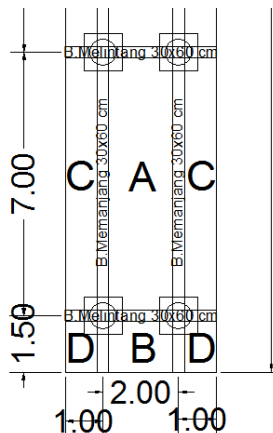
$$M_{ty} = - 0,001 \times q \times l_y^2 \times X$$

$$M_{ly} = + 0,001 \times q \times l_y^2 \times X$$



Gambar 6.26 Pelat Terjepit Penuh

Ukuran panjang dan lebar pelat tipe A dapat dilihat pada gambar 6.27



Gambar 6.27 Detail Pelat Tipe A

Nilai  $X$  pelat didapat dari tabel 13.3.2 PBI-1971

$$q_u = 2130 \text{ kg/m}^2$$

$$L_n = 700 - (30/2 + 30/2) = 670 \text{ cm} = 6,7 \text{ m}$$

$$S_n = 200 - (30/2 + 30/2) = 170 \text{ cm} = 1,7 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{670}{170} = 3,941 > 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

Maka menggunakan interpolasi untuk mendapatkan nilai  $X$  dengan  $\beta = 3,941$  didapat hasil dapat dilihat pada tabel 6.16

Tabel 6.16 Nilai  $X$  dengan  $\beta = 3,941$  didapat

Momen	$\beta < 3,941$
Mtx	83
Mlx	42
Mty	57
Mly	8

Maka momen dengan pelat terjepit elastis dari tabel didapat :

$$M_{tx} = -0,001 \times 2130 \times 1,7^2 \times 83 = -510,923 \text{ kg.m}$$

$$M_{lx} = +0,001 \times 2130 \times 1,7^2 \times 42 = 258,539 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 2130 \times 1,7^2 \times 57 = -350,875 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = +0,001 \times 2130 \times 1,7^2 \times 8 = 49,246 \text{ kg.m}$$

- Pembebanan Pelat Tipe B

Tebal pelat = 200 mm

Beban Mati

$$\text{Pelat} = 0.20 \times 2900 \text{ kg/m}^3 = 580 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup

$$\text{Beban Hidup (LL)} = 1500 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Hujan} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$LL_{\text{total}} = 1550 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi pembebanan

$$q_u = DL + LL$$

$$q_u = 580 + 1550 = 2130 \text{ kg/m}^2$$

Perhitungan gaya – gaya dalam

Untuk menganalisa gaya gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971). Perletakan yang digunakan diasumsikan pelat terjepit penuh.

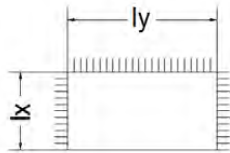
Perhitungan yang terjadi pada pelat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M_{tx} = -0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{lx} = +0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

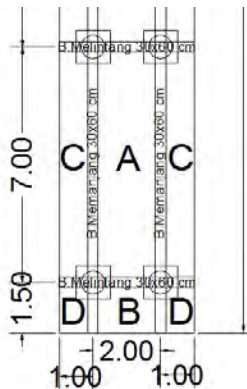
$$M_{ty} = -0,001 \times q \times l_y^2 \times X$$

$$M_{ly} = +0,001 \times q \times l_y^2 \times X$$



Gambar 6.28 Pelat Terjepit Penuh

Ukuran panjang dan lebar pelat tipe B dapat dilihat pada gambar 6.29



Gambar 6.29 Detail Pelat Tipe B

Nilai  $X$  pelat didapat dari tabel 13.3.2 PBI-1971

$$q_u = 2130 \text{ kg/m}^2$$

$$L_n = 200 - (30/2 + 30/2) = 170 \text{ cm} = 1,70 \text{ m}$$

$$S_n = 150 - 30/2 = 120 \text{ cm} = 1,35 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{170}{135} = 1,259 < 2 \text{ ( pelat satu arah)}$$

Maka nilai  $x$  dengan  $\beta = 1,259$  dapat dilihat pada tabel 6.17

Tabel 6.17 Nilai  $x$  dengan  $\beta = 1,259$

Momen	$\beta = 1,2$	$\beta = 1,259$	$\beta = 1,3$
Mtx	74	78	82
MLx	31	34	36
Mty	69	71	72
Mly	28	28	28

Maka momen dengan pelat terjepit penuh dari tabel didapat :

$$M_{tx} = -0,001 \times 2130 \times 1,35^2 \times 78 = -302,79 \text{ kg.m}$$

$$M_{lx} = +0,001 \times 2130 \times 1,35^2 \times 34 = 131,985 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 2130 \times 1,35^2 \times 71 = -275,617 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = +0,001 \times 2130 \times 1,35^2 \times 28 = 108,694 \text{ kg.m}$$

- Pembebanan Pelat Tipe C

Tebal pelat = 200 mm

Beban Mati

$$\text{Pelat} = 0.20 \times 2900 \text{ kg/m}^3 = 580 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup

$$\text{Beban Hidup (LL)} = 1500 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Hujan} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$LL_{\text{total}} = 1550 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi pembebanan

$$q_u = DL + LL$$

$$q_u = 580 + 1550 = 2130 \text{ kg/m}^2$$

Perhitungan gaya – gaya dalam

Untuk menganalisa gaya gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBTI 1971). Perletakan yang digunakan diasumsikan pelat terjepit penuh. Perhitungan yang terjadi pada pelat menggunakan persamaan sebagai berikut :

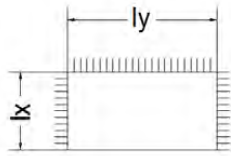
$$M_{tx} = -0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{lx} = +0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{ty} = -0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

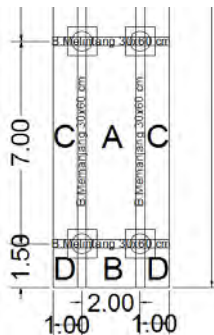
$$M_{ly} = +0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$





Gambar 6.30 Pelat Terjepit penuh

Ukuran panjang dan lebar pelat tipe C dapat dilihat pada gambar 6.31



Gambar 6.31 Detail Pelat Tipe C

Nilai  $X$  pelat didapat dari tabel 13.3.2 PBI-1971

$$q_u = 2130 \text{ ton/m}^2$$

$$L_n = 700 - (30/2 + 30/2) = 670 \text{ cm} = 6,7 \text{ m}$$

$$S_n = 100 - 30/2 = 85 \text{ cm} = 0,85 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{670}{85} = 7,882 > 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

Maka nilai  $x$  dengan  $\beta = 7,882$  dapat dilihat pada tabel 6.18

Tabel 6.18 Nilai  $x$  dengan  $\beta = 7,882$

Momen	$\beta = 7,882$
$M_{tx}$	125
$M_{lx}$	63
$M_{ty}$	79
$M_{ly}$	13

Maka momen dengan pelat terjepit penuh dari tabel didapat :

$$M_{tx} = - 0,001 \times 2275 \times 0,85^2 \times 125 = - 205,461 \text{ kg.m}$$

$$M_{lx} = + 0,001 \times 2275 \times 0,85^2 \times 63 = 103,552 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = - 0,001 \times 2275 \times 0,85^2 \times 79 = - 129,851 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = + 0,001 \times 2275 \times 0,85^2 \times 13 = 21,368 \text{ kg.m}$$

- Pembebanan Pelat Tipe D

Tebal pelat = 200 mm

Beban Mati

$$\text{Pelat} = 0.20 \times 2900 \text{ kg/m}^3 = 580 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup

$$\text{Beban Hidup (LL)} = 1500 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Hujan} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$LL_{\text{total}} = 1550 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi pembebanan

$$q_u = DL + LL$$

$$q_u = 580 + 1550 = 2130 \text{ kg/m}^2$$

Perhitungan gaya – gaya dalam

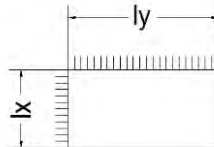
Untuk menganalisa gaya gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971). Perletakan yang digunakan diasumsikan pelat terjepit penuh. Perhitungan yang terjadi pada pelat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M_{tx} = - 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{lx} = + 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

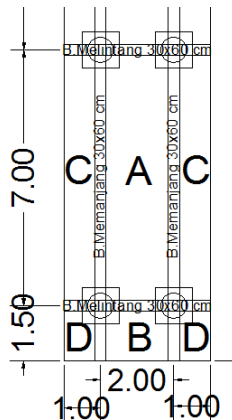
$$M_{ty} = - 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{ly} = + 0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$



Gambar 6.32 Pelat Terjepit Penuh

Ukuran panjang dan lebar pelat tipe D dapat dilihat pada gambar 6.33



Gambar 6.33 Detail Pelat Tipe D

Nilai  $X$  pelat didapat dari tabel 13.3.2 PBI-1971

$$q_u = 2130 \text{ kg/m}^2$$

$$L_n = 150 - 30/2 = 135 \text{ cm} = 1,35 \text{ m}$$

$$S_n = 100 - 30/2 = 85 \text{ cm} = 0,85 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{135}{85} = 1,714 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

Maka nilai  $x$  dengan  $\beta = 1,714$  dapat dilihat pada tabel 6.18

Tabel 6.18 Nilai  $x$  dengan  $\beta = 1,714$

Momen	$\beta = 1,7$	$\beta = 1,714$	$\beta = 1,8$
$M_{tx}$	111	111	113
$M_{lx}$	53	53	55
$M_{ty}$	78	78	78
$M_{ly}$	23	23	23

Maka momen dengan pelat terjepit penuh dari tabel didapat :

$$M_{tx} = -0,001 \times 2130 \times 0,85^2 \times 111 = -170,821 \text{ kg.m}$$

$$M_{lx} = +0,001 \times 2130 \times 0,85^2 \times 53 = 81,563 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 2130 \times 0,85^2 \times 78 = -120,036 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = +0,001 \times 2130 \times 0,85^2 \times 23 = 35,395 \text{ kg.m}$$

b. Perhitungan penulangan

Data perencanaan pelat

$$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 1/3 \sigma'_{bk} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$Eb = 110851,252 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_a = 1280 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ea = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

n = Angka ekuivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{110851,252} = 18,944$$

$\phi_0$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1280}{18,944 \times 100} = 0,676$$

Perhitungan tinggi manfaat

$$\begin{aligned} h_x &= h - d - 0,5 \text{ Øtul-lentur} \\ &= 20 - 7 - 0,5 \cdot 1,6 \\ &= 12,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

• Perhitungan tulangan tumpuan arah X pelat A

$$M_{tx} = - 520,923 \text{ kg.m} = - 52092,3 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{12,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 52092,3}{100 \times 1280}}} = 4,393$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 4,393$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 2,496$$

$$100n\omega = 5,728/18,944/100$$

$$\omega = 0,00303$$

Tulangan tarik

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,00303 \times 100 \times 12,2$$

$$= 3,688 \text{ cm}^2$$

Dipasang D16-330 dengan luas (4,021 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan lapangan arah X pelat A

$$M_lx = 258,539 \text{ kg.m} = 25853,9 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{12,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 25853,9}{100 \times 1280}}} = 6,237$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 6,237$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 3,780$$

$$100n\omega = 2,756/18,944/100$$

$$\omega = 0,00145$$

Tulangan tarik

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,00145 \times 100 \times 12,2$$

$$= 1,775 \text{ cm}^2$$

Dipasang D16-500 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan tumpuan arah Y pelat A

$$M_ly = -350,875 \text{ kg.m} = -35087,5 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{12,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 35087,5}{100 \times 1280}}} = 5,354$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 5,354$ , dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 3,15$$

$$100n\omega = 3,78/18,944/100$$

$$\omega = 0,00199$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,00199 \times 100 \times 12,2 \\ &= 2,434 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-330 dengan luas ( 4,021cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan lapangan arah Y pelat A

$$M_{ty} = 49,246 \text{ kg.m} = 4924,6 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} = \frac{15,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 4924,6}{100 \times 1280}}} = 14,29$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 14,29$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 8,009$$

$$100n\omega = 0,693/18,944/100$$

$$\omega = 0,00047$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,000402 \times 100 \times 17,2 \\ &= 0,000402 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan tumpuan arah X pelat B

$$M_{tx} = - 302,79 \text{ kg.m} = - 30279 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} = \frac{12,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 30279}{100 \times 1280}}} = 5,763$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 5,763$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 3,454$$

$$100n\omega = 3,256/18,944/100$$

$$\omega = 0,00172$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,00172 \times 100 \times 12,2 \\ &= 2,097 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-330 dengan luas (4,021 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan lapangan arah X pelat B

$$M_{lx} = 131,985 \text{ kg.m} = 13198,5 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{12,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 13198,5}{100 \times 1280}}} = 8,729$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 8,729$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 5,526$$

$$100n\omega = 1,392/18,944/100$$

$$\omega = 0,000735$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,000735 \times 100 \times 12,2 \\ &= 0,896 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan tumpuan arah Y pelat B

$$M_{ty} = -302,79 \text{ kg.m} = -30279 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{15,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 30279}{100 \times 1280}}} = 5,763$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 5,763$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 3,444$$

$$100n\omega = 3,266/18,944/100$$

$$\omega = 0,00172$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,00172 \times 100 \times 12,2 \\ &= 2,103 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-330 dengan luas (4,021 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan lapangan arah Y pelat B

$$M_{ly} = 108,694 \text{ kg.m} = 10869,4 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} = \frac{15,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 10869,4}{100 \times 1280}}} = 9,619$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 9,619$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 6,162$$

$$100n\omega = 1,130/18,944/100$$

$$\omega = 0,000596$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,000596 \times 100 \times 12,2 \\ &= 0,727 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan tumpuan arah X pelat C

$$M_{tx} = - 205,461 \text{ kg.m} = - 20546,1 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} = \frac{12,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 20546,1}{100 \times 1280}}} = 6,996$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 6,996$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 4,3$$

$$100n\omega = 2,186/18,944/100$$

$$\omega = 0,00115$$



Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,00115 \times 100 \times 12,2 \\ &= 1,408 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan lapangan arah X pelat C

$$M_{lx} = 103,552 \text{ kg.m} = 10355,2 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{12,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 10355,2}{100 \times 1280}}} = 9,855$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 9,855$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 6,33$$

$$100n\omega = 1,08/18,944/100$$

$$\omega = 0,00057$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,00057 \times 100 \times 12,2 \\ &= 0,695 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan tumpuan arah Y pelat C

$$M_{ty} = -129,851 \text{ kg.m} = -12985,1 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{12,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 12985,1}{100 \times 1280}}} = 8,800$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 8,800$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 5,622$$

$$100n\omega = 1,343/18,944/100$$

$$\omega = 0,000709$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,000709 \times 100 \times 12,2 \\ &= 0,865 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan lapangan arah Y pelat C

$$M_{ly} = 21,368 \text{ kg.m} = 2136,8 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} = \frac{12,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 2136,8}{100 \times 1280}}} = 21,694$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 21,694$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 8,009$$

$$100n\omega = 0,693/18,944/100$$

$$\omega = 0,00047$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,000402 \times 100 \times 17,2 \\ &= 0,000402 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan tumpuan arah X pelat D

$$M_{tx} = -170,821 \text{ kg.m} = -17082,1 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} = \frac{12,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 17082,1}{100 \times 1280}}} = 7,673$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 7,673$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 4,747$$

$$100n\omega = 01,833/18,944/100$$

$$\omega = 0,000968$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,000968 \times 100 \times 12,2 \\ &= 1,180 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan lapangan arah X pelat D

$$M_{lx} = 81,563 \text{ kg.m} = 8156,3 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{12,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 8156,3}{100 \times 1280}}} = 11,104$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 11,104$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 7,22$$

$$100n\omega = 0,84/18,944/100$$

$$\omega = 0,000443$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,000443 \times 100 \times 12,2 \\ &= 0,541 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan tumpuan arah Y pelat D

$$M_{ty} = -120,036 \text{ kg.m} = -12003,6 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{12,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 12003,6}{100 \times 1280}}} = 9,153$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 9,153$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 5,803$$

$$100n\omega = 1,267/18,944/100$$

$$\omega = 0,000669$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,000669 \times 100 \times 12,2 \\ &= 0,816 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

- Perhitungan tulangan lapangan arah Y pelat D

$$M_{ly} = 35,395 \text{ kg.m} = 3539,5 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{12,2}{\sqrt{\frac{18,944 \times 3539,5}{100 \times 1280}}} = 16,856$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0$  dan  $Ca = 16,856$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 8,009$$

$$100n\omega = 0,693/18,944/100$$

$$\omega = 0,00047$$

Tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega b h \\ &= 0,000402 \times 100 \times 17,2 \\ &= 0,000402 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16-500 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

## c. Kontrol retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retaka pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha (C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p}) (\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p}) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

A = 1 (batang yang diprofilkan)

c = 7 cm (tebal beton decking)

$w_{\text{bar}} = \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan}$   
 $= \frac{1}{4} \pi 0,016^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3$   
 $= 1,578 \text{ kg/m}$

$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12,8 \sqrt{1,578} = 16,079$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$\omega_p = \frac{A}{B_t}$  ;  $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,16$  dan  $C_5 = 30$

A = Luas tulangan tarik

B<sub>t</sub> = Luas penampang beton yang tertarik  
 $= 100 \times 12,2 \text{ cm}$

maka  $\omega_p = \frac{2,0106}{100 \times 12,2} = 0,0033$

$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\Phi} = \frac{1280}{1,650} = 775,758$

maka besar retakanan yang didapat

$w = 1 (1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{1,6079}{0,0033}) (775,758 - \frac{30}{0,0033}) 10^{-6}$   
 $= - 0,76 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots \text{Oke}$

d. Rekap Penulangan pelat

Untuk hasil perhitungan tulangan yang lain dapat dilihat pada tabel 6.20

Tabel 6.20 Rekap Penulangan Pelat pada Trastle

Tipe Pelat	Segmen	Arah	Tulangan yang Didapat	Tulangan yang Dipasang
A	Tumpuan	X	D16-330	D16-250
	lapangan	X	D16-500	D16-250
	Tumpuan	Y	D16-330	D16-250
	lapangan	Y	D16-500	D16-250
B	Tumpuan	X	D16-330	D16-250
	lapangan	X	D16-500	D16-250
	Tumpuan	Y	D16-330	D16-250
	lapangan	Y	D16-500	D16-250
C	Tumpuan	X	D16-500	D16-250
	lapangan	X	D16-500	D16-250
	Tumpuan	Y	D16-500	D16-250
	lapangan	Y	D16-500	D16-250
D	Tumpuan	X	D16-500	D16-250
	lapangan	X	D16-500	D16-250
	Tumpuan	Y	D16-500	D16-250
	lapangan	Y	D16-500	D16-250

### 6.5.3 Perhitungan Balok

Data perencanaan balok:

Lebar (b) = 30 cm

Tinggi (h) = 60 cm

decking = 7 cm

Diameter tulangan utama = 2,9 cm ( $A_s = 6,605 \text{ cm}^2$ )

Diameter tulangan sengkang = 1,6 cm ( $A_s = 2,0106 \text{ cm}^2$ )

Data bahan

Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 1/3 \sigma'_{bk} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 110851,252 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_a = 1280 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{110851,252} = 18,944$$

$\phi_0$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1280}{18,944 \times 100} = 0,676$$

Perhitungan tinggi manfaat

$$\begin{aligned} h_x &= h - d - \text{Øtul-sengkang} - 0,5 \text{ Øtul-lentur} \\ &= 60 - 7 - 1,6 - 0,5 \cdot 2,9 \\ &= 49,95 \text{ cm} \end{aligned}$$

a. Perhitungan Tulangan Tumpuan Balok Memanjang

Mtumpuan = 1314500 kg.cm

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma_a}}} = \frac{49,95}{\sqrt{\frac{18,944 \times 1314500}{30 \times 1280}}} = 1,961$$

Diambil  $\delta = 0,4$  untuk  $Ca = 1,961$  dari tabel lentur "n" PBI 1971 diperoleh:

$$\Phi = 1,247$$

$$\omega = 23,74/18,944/100 \\ = 0,0125$$

Tulangan Tarik

$$As = \omega b h \\ = 0,0125 \times 30 \times 49,95 = 18,778 \text{ cm}^2$$

Dipasang 3-D29 dengan luas (19,816 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As \\ = 0,4 \times 19,816 = 7,926 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D29 dengan luas (13,210 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$sd = 10\% \times 19,816 = 1,9816 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D16 dengan luas (4,0212 cm<sup>2</sup>)

Cek Jarak Tulangan Tarik

$$s = \frac{B - 2x_{\text{decking}} - 2x_{\phi \text{ sengkang}} - 3x_{\phi \text{ tulangan}}}{3 - 1}$$

$$s = \frac{30 - 2 \times 7 - 2 \times 1,6 - 3 \times 2,9}{3 - 1} = 3,5 \text{ cm} > 2,9 \text{ cm} \dots \text{Ok}$$



## b. Perhitungan Tulangan Lapangan Balok Memanjang

Mlapangan= 678100 kg.cm

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{49,95}{\sqrt{\frac{18,944 \times 678100}{50 \times 1280}}} = 2,731$$

Diambil  $\delta = 0,4$  untuk  $Ca = 2,731$  dari tabel lentur "n" PBI 1971 diperoleh:

$$\Phi = 1,564$$

$$\omega = 15,39/18,944/100$$

$$= 0,00812$$

Tulangan Tarik

$$As = \omega b h$$

$$= 0,00812 \times 30 \times 49,95 = 12,174 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D29 dengan luas (13,210 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As$$

$$= 0,4 \times 13,210 = 5,284 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D29 dengan luas (13,210 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$sd = 10\% \times 13,210 = 1,3210 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D16 dengan luas (4,0212 cm<sup>2</sup>)

Cek Jarak Tulangan Tarik

$$s = \frac{B - 2x_{decking} - 2x\phi_{sengkang} - 2x\phi_{tulangan}}{3-1}$$

$$s = \frac{30 - 2 \times 7 - 2 \times 1,6 - 2 \times 2,9}{2-1} = 7 \text{ cm} > 2,9 \text{ cm, Ok}$$

karena  $S > D+1 \text{ cm} = 3,9 \text{ cm}$ , maka tulangan cukup dipasang satu baris

c. Perhitungan Tulangan Balok Melintang

Mtumpuan = Mlapangan = 359700 kg.cm

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma^2 a}}} = \frac{49,95}{\sqrt{\frac{18,944 \times 359700}{100 \times 1280}}} = 3,75$$

Diambil  $\delta = 0,4$  untuk  $Ca = 3,75$  dari tabel lentur "n" PBI 1971 diperoleh:

$$\Phi = 2,226$$

$$\omega = 7,929/18,944/100 \\ = 0,00419$$

Tulangan Tarik

$$As = \omega b h$$

$$= 0,00419 \times 30 \times 49,95 = 6,272 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D29 dengan luas (13,210 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As$$

$$= 0,4 \times 13,210 = 5,284 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D29 dengan luas (13,210 cm<sup>2</sup>).

Tulangan Samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$sd = 10\% \times 13,210 = 1,3210 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D16 dengan luas (4,0212 cm<sup>2</sup>)

Cek Jarak Tulangan Tarik

$$s = \frac{B - 2x_{decking} - 2x\phi_{sengkang} - 2x\phi_{tulangan}}{2 - 1}$$

$$s = \frac{30 - 2 \times 7 - 2 \times 1,6 - 2 \times 2,9}{2 - 1} = 7 \text{ cm} > 2,9 \text{ cm, Ok}$$

karena  $S > D+1\text{cm} = 3,9 \text{ cm}$ , maka tulangan cukup dipasang satu baris.

## d. Kontrol Retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retaka pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha (C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p}) (\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p}) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

$\alpha$  = 1 (batang yang diprofilkan)

$c$  = 7 cm (tebal beton decking)

$w_{\text{bar}}$  =  $\frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan}$   
 $= \frac{1}{4} \pi 0,029^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3$   
 $= 5,185 \text{ kg/m}$

$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12,8 \sqrt{5,185} = 29,146 \text{ mm}$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$A$  = Luas tulangan tarik

$B_t$  = Luas penampang beton yang tertarik  
 $= 30 \times 49,95 \text{ cm}$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{19,816}{30 \times 49,95} = 0,00397$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\Phi} = \frac{1280}{1,247} = 1026,464$$

maka besar retakanan yang didapat

$$w = 1 (1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{29,146}{0,00397}) (1026,464 - \frac{30}{0,00397}) 10^{-6}$$

$$= -0,837 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots \text{Oke}$$

## e. Kontrol Dimensi Balok

$V$  = 11083 Kg

$T$  = 5171 Kgcm

$$\tau_b = \frac{V}{b \cdot \frac{7}{8} \cdot h} = \frac{11083}{30 \cdot \frac{7}{8} \cdot 49,95} = 8,453 \text{ Kg/cm}^2$$

Untuk  $ht > b$

$$\psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{ht}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{60}{30}} = 4,061$$

$\psi$  = koefisien untuk menghitung tegangan geser puntir

Tegangan geser puntir beton pada penampang balok persegi di tengah - tengah tepi penampang yang vertikal (PBI '71 Pasal 11.8.1) :

$$\tau'_b = \frac{\psi \cdot T}{b^2 \cdot ht} = \frac{4,061 \cdot 5171}{30^2 \cdot 60} = 0,389 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_{bm} = 1,62\sqrt{300} = 28,059 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b = 8,452 + 0,389 = 8,841 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b < \tau_{bm} \quad \dots \text{Ok}$$

Ukuran balok 30/60 memenuhi syarat

#### f. Perhitungan Tulangan Geser

Tegangan beton yang diijinkan berdasarkan PBI '71 tabel 10.4.2 akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :

Untuk pembebanan tetap

$$\tau'_{bm-t} = 1,35\sqrt{\sigma'_{bk}} = 1,35\sqrt{300} = 25,26 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Untuk pembebanan sementara

$$\tau'_{bm-t} = 2,12\sqrt{\sigma'_{bk}} = 2,12\sqrt{300} = 36,719 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Senggang ditumpuan balok (PBI '71 Pasal 11.7(1))

$$\tau_b = \frac{V}{b \cdot \frac{7}{8} \cdot h} = 8,452 \text{ Kg} / \text{cm}^2 \quad (L = 6\text{m})$$

$$\left. \begin{array}{l} \tau_b < \tau'_{bm-t} \\ \tau_b < \tau'_{bm-s} \end{array} \right\} \quad \text{Ok, diperlukan sengkang!}$$

Direncanakan sengkang:

$$D = 16 \text{ mm}$$

$$A_s = 2,0096 \text{ cm}^2$$

$$2 A_s = 4,02 \text{ cm}^2 \text{ (Senggang 2 kaki)}$$

$$\sigma_a = 1280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\tau_b = \frac{(3,5 - 0,3)}{3} 8,452 = 9,016 \text{ Kg/cm}^2 \quad (L = 7 \text{ m})$$

$$as < \frac{A_s \cdot \sigma_a}{\tau_b \cdot b} = \frac{4,02 \cdot 1280}{9,016 \cdot 30} = 19,029 \text{ cm}$$

Jadi dipasang sengkang D16 – 190 mm

Sengkang di daerah  $> 1 \text{ m}$  dari ujung balok 6,4 m

$$\tau_b = \frac{(3,2 - 1)}{3,2} 9,016 = 7,346 \text{ Kg/cm}^2$$

$$as < \frac{A_s \cdot \sigma_a}{\tau_b \cdot b} = \frac{4,02 \cdot 1280}{7,346 \cdot 30} = 23,354 \text{ cm}$$

Jadi dipasang sengkang D16 – 230 mm

g. Panjang Tulang Penyaluran

Untuk *tulangan tarik*, berdasarkan PBI'71 pasal 8.6.2 ditetapkan sebagai berikut untuk tulangan ulir:

$$A_s D29 = 6,605 \text{ cm}^2$$

$$L_d = 0,07 \frac{A_s \cdot \sigma_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \cdot d_p \cdot \sigma_{au}$$

$$L_d = 0,07 \frac{6,605 \cdot 2780}{\sqrt{300}} \geq 0,0065 \cdot 2,9 \cdot 2780$$

$$L_d = 74,209 \text{ cm} \geq 52,403 \text{ cm} \quad (\text{Jadi } L_d \text{ dipakai } 80 \text{ cm})$$

Untuk tulangan tekan, berdasarkan PBI'71 pasal 8.7.2 ditetapkan sebagai berikut untuk tulangan ulir:

$$A_s D29 = 6,605 \text{ cm}^2$$

$$L_d = 0,09 \frac{d \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,005 \cdot d_p \cdot \sigma_{au}$$

$$L_d = 0,09 \frac{6,605 \cdot 2780}{\sqrt{300}} \geq 0,005 \cdot 2,92 \cdot 2780$$

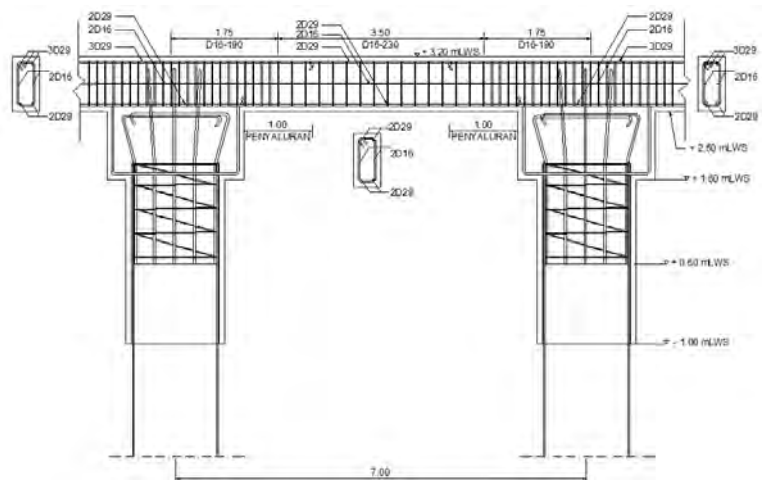
$$L_d = 95,411 \text{ cm} \geq 40,588 \quad (\text{Jadi } L_d \text{ dipakai } 100 \text{ cm})$$

#### h. Rekap penulangan Balok

Dari perhitungan diatas maka penulangan yang didapat dapat dilihat pada tabel 6.21

Tabel 6.21 Rekap Penulangan Pelat pada Trastle

Arah	Segmen	Posisi	Tulangan utama	Tulangan samping	Sengkang
Memanjang	Tumpuan	Atas	3D29	2D16	D16-190
		Bawah	2D29		
	Lapangan	Atas	2D29	2D16	D16-230
		Bawah	2D29		
Melintang	Tumpuan	Atas	2D29	2D16	D16-300
		Bawah	2D29		
	Lapangan	Atas	2D29	2D16	D16-300
		Bawah	2D29		



Gambar 6.34 Detail penulangan geser (sejang) balok melintang

Type	TREESTLE			
	B. MEMANJANG		B. MELINTANG	
Kode	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
DETAIL BALOK				
Dimensi Balok	300 x 600 (L = 7m)		300 x 600 (L = 2m)	
Tulangan Atas	3D29	2D29	2D22	2D22
Tulangan Bawah	2D29	2D29	2D22	2D22
Tulangan Samping	2D16	2D16	2D16	2D16
Tulangan Senggang	2D16-190	2D16-230	2D16-400	2D16-400

Gambar 6.35 Detail potongan balok melintang

#### 6.5.4 Perhitungan Poer (pile cap)

Penulangan poer pada struktur Trastle ini merupakan jenis poer tunggal dengan data sebagai berikut :

Panjang= 150 cm

Lebar = 150 cm

Tinggi(h)= 100 cm

deck (d) = 7 cm

Diameter tulangan lentur = 2,9 cm ( $A_s = 6,605 \text{ cm}^2$ )

Diameter tulangan geser = 1,6 cm ( $A_s = 2,0106 \text{ cm}^2$ )

Data bahan

Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 1/3 \sigma'_{bk} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 110851,252 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_a = 1280 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{110851,252} = 18,944$$

$\phi_0$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1280}{18,944 \times 100} = 0,676$$

Perhitungan tinggi manfaat

$$\begin{aligned} h_x &= h - d - \phi_{tul-lentur} - 0,5 \phi_{tul-lentur} \\ &= 100 - 7 - 2,9 - 0,5 \cdot 2,9 \\ &= 88,65 \text{ cm} \end{aligned}$$



Dari hasil SAP 2000 untuk momen pada pelat didapatkan :

$$M_t = M_l = 5,366 \text{ tm} = 536600 \text{ kg.cm}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan. Untuk  $h/b = 1/1,5 = 0,667 > 0,4$ , sehingga poer didesain sebagai balok dengan  $\delta = 0,4$

a. Penulangan poer

$$M_t = M_l = 536600 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} = \frac{88,65}{\sqrt{\frac{18,944 \times 536600}{100 \times 1280}}} = 9,948$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0,4$  dan  $Ca = 9,948$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 6,532$$

$$100n\omega = 0,998$$

$$\omega = 0,998/18,944/100 \\ = 0,000527$$

Tulangan tarik

$$As = \omega b h \\ = 0,000527 \times 100 \times 88,65 \\ = 4,670 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2D29 dengan luas ( 13,21cm<sup>2</sup>)

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As \\ = 0,4 \times 13,21 = 5,284 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2D29 dengan luas (13,21 cm<sup>2</sup>)

Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$Asd = 10\% \times 13,21 \text{ cm}^2 = 1,321 \text{ cm}^2$$

Dipasang D16 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

b. Penulangan poer arah Y

$$M_{ty} = M_{lx} = 536600 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{88,65}{\sqrt{\frac{18,944 \times 536600}{100 \times 1280}}} = 9,948$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0,4$  dan  $Ca = 9,948$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 6,532$$

$$100n\omega = 0,998$$

$$\omega = 0,998/18,944/100 \\ = 0,000527$$

Tulangan tarik

$$As = \omega b h \\ = 0,000527 \times 100 \times 88,65 \\ = 4,670 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2D29 dengan luas ( 13,21cm<sup>2</sup>)

Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$Asd = 10\% \times 13,21\text{cm}^2 = 1,321\text{cm}^2$$

Dipasang D16 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)

c. Kontrol retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retaka pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha (C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p}) (\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p}) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

$$\alpha = 1 \text{ (batang yang diprofilkan)}$$

$$c = 7 \text{ cm (tebal beton decking)}$$

$$w_{bar} = \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan} \\ = \frac{1}{4} \pi 0,029^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ = 5,185 \text{ kg/m}$$

$$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12,8 \sqrt{5,185} = 29,147 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

A = Luas tulangan tarik

B<sub>t</sub> = Luas penampang beton yang tertarik

$$= 100 \times 88,65 \text{ cm}$$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{13,21}{100 \times 88,65} = 0,0015$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\Phi} = \frac{1280}{6,532} = 195,958$$

maka besar retakan yang didapat

$$\begin{aligned} w &= 1 \left( 1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{2,9147}{0,0015} \right) \left( 195,958 - \frac{30}{0,0015} \right) 10^{-6} \\ &= -6,448 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots \text{Ok} \end{aligned}$$

#### d. Kontrol geser pons

Pada struktur mooring dolphin, kontrol geser pons perlu dikontrol karena pada struktur ini tidak ada balok, sehingga tiang pancang langsung menumpu pada poer. Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus:

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm} \quad (\text{PBI 71 11.9.(2)})$$

Dimana:

P = gaya aksial pelat dari tiang pancang

c = diameter tiang pancang

ht = tinggi total pelat atau poer

$\tau_{bm}$  = tegangan ijin beton ( $0,65 \sqrt{\sigma'_{bk}}$ )

Sehingga:

$$\tau_{bp} = \frac{43.836 \times 10^3}{\pi \cdot (100 + 100) \cdot 100} \leq 0,65 \sqrt{300}$$

$$\tau_{bp} = 0,698 \text{ kg/cm}^2 \leq 11,258 \text{ kg/cm}^2$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin beton, maka poer dikatakan aman dari gaya pons atau keruntuhan akibat pons.

e. Rekap Penulangan

Dari perhitungan diatas maka penulangan yang didapat dapat dilihat pada tabel 6.22

Tabel 6.22 Rekap Penulangan Poer pada Trastle

Segmen	Tulangan utama	Tulangan samping
Tumpuan	2D29	D16
Lapangan	2D29	

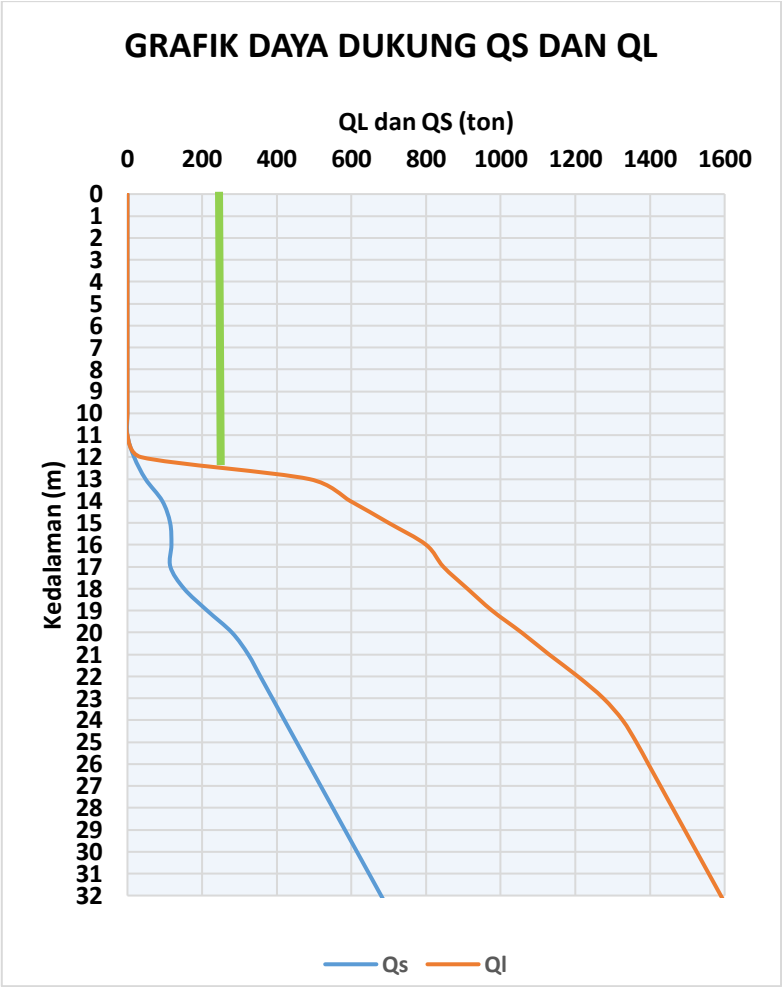
### 6.5.5 Perhitungan Tiang Pancang

Pada perencanaan struktur trastle ini, tiang pancang yang digunakan tiang pancang tegak dengan sebagai berikut:

Diameter (D)	: 800 mm
Tebal (t)	: 19 mm
Luas (A)	: 585,6 cm <sup>2</sup>
Momen Inersia (I)	: 356000 cm <sup>4</sup>
Unit Weight	: 366 kg/m
Section Modulus (Z)	: 8890 cm <sup>3</sup>
Young Modulus (E)	: 2100000 kg/cm <sup>4</sup>

a. Kontrol kebutuhan kedalaman tiang pancang

Pada perencanaan struktur trastle, seluruh tiang merupakan tiang tegak. Hasil analisa gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang diperoleh dari analisa struktur dengan menggunakan program SAP 2000 dapat dilihat pada tabel 6.15. Untuk grafik daya dukung tanah berdasarkan tiang paancang rencana dapat dilihat pada gambar 6.36.



Gambar 6.36 Grafik Daya Dukung Tanah

Catatan :

Tiang Tarik    —

Tiang Tekan    —

b. Perencanaan tiang tekan tegak

Berdasarkan tabel 6.1 di atas nilai  $P_{\text{tekan}}$  untuk tiang tegak sebesar -43.836ton, Sehingga :

$$Q_u = 3 \times 43.836 = 131,508 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan grafik daya dukung tanah, kedalaman tiang yang dibutuhkan untuk memikul gaya ini adalah sedalam -2 m dari *seabed* atau -13 mLWS dengan daya dukung tanah sebesar 486,99 ton.

c. Titik jepit tiang

Perhitungan letak jepit tanah terhadap tiang untuk tanah normally consolidated clay and granular,  $Z_f = 1,8T$  dimana :

Tinggi struktur (H) =  $Z_f + e$

$$T = \left( \frac{E \cdot I}{nh} \right)^{\frac{1}{5}} ; nh \text{ diambil sebesar } 500 \text{ kN/m}^3$$

$$T = \left( \frac{2100000 \times 356000}{0,5} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 272,232 \text{ cm} = 2,72 \text{ m}$$

$$Z_f = 1,8 \times 3,2$$

$$= 4,896 \text{ m (dibawah seabed)}$$

Tinggi struktur ( e ) = 14,2 (diatas seabed )

$$H = Z_f + e = 19,096 \text{ m} \approx 20 \text{ m}$$

Kedalaman tiang yang digunakan adalah titik jepit tiang ditambah satu meter dikarenakan daya dukung tiang masih diatas titik jepit tiang. Maka kedalaman tiang didapat sebesar -21 meter.

d. Perhitungan Kalendering

Perumusan kalendering yang dipakai perumusan *Alfred Hiley Formula (1930)*, sebagai berikut :

$$Q_u = \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0,5 \cdot C} \times \frac{W + n^2 \cdot W_p}{W + W_p}$$

Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai  $S$  atau penetrasi/blow, yaitu pengamatan yang dilakukan rata-rata di tiga set terakhir, dengan 10 pukulan tiap setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama  $S > S'$ , maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

$S$  = nilai penetrasi/ blow rencana dari perhitungan

$S'$  = nilai penetrasi/ blow saat pemancangan

Kalendering tiang pancang tegak :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$\emptyset_{\text{tiang}} = 80 \text{ cm}$

$t = 1,9 \text{ cm}$

$P = 43.836 \text{ ton}$

$SF = 3$

$Q_u = 3 \times 43.836 = 131,508 \text{ ton}$

$\alpha = 2,5$  (*hydraulic hammer*)

$W = 5 \text{ ton}$  (*hydraulic hammer*)

$H = 2 \text{ m}$ , tinggi jatuh hammer kondisi normal

$C_1 = 5 \text{ mm}$  (*hard cushion + packing*)

$C_2 = 10 \text{ mm}$  (Steel Pile)

$C_3 = 4$  (*soft ground*)

$n = 0,32$  (*compact wood cushion on steel pile*)

Panjang tiang pancang tegak yang dibutuhkan,

$L = 20 \text{ m}$

$W_p = 0,366 \text{ ton/m} \times 20 \text{ m}$

$= 7,320 \text{ ton}$

$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0.019 \text{ m}$

$$131,508 = \frac{2,5 \cdot 5 \cdot 2}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 7,32}{5 + 7,32}$$

$$131,508(S + 0,5 \cdot 0,019) = 2,5 \cdot 5 \cdot 2 \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 7,32}{5 + 7,32}$$

$$131,508S = 25 \times 0,467 - 0,0695$$

$S = 0,088 \text{ m} = 88 \text{ mm}$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 88 mm/10 blow .

## e. Kontrol Kuat Tekuk

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(Z_f + e)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2100000 \cdot 705000}{(576 + 1420)^2}$$

$$P_{cr} = 3667643,231 \text{ kg} = 3667,643 \text{ ton}$$

$$P_{cr} > P_u (43.836 \text{ ton}) \dots \text{Ok}$$

## f. Kontrol Tiang Pancang Berdiri Sendiri

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekwensi gelombang sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri.  $\omega$  gelombang diambil sebesar  $\frac{1}{6} s^{-1}$ . Dengan

perhitungan sebagai berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{\left(\frac{W \cdot i^3}{g}\right)}} \geq \omega$$

Dimana:

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 705000 \text{ cm}^4$$

$$W = 4,6 \text{ Ton}$$

$$i = 18,562 \text{ m}$$

$\omega$  tiang pancang miring

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \cdot 1,32 \times 10^5}{\left(\frac{4343,5 \cdot 1856,2^3}{1000}\right)}} \geq 4,6$$

$$\omega_t = 12,273 \text{ s} \geq 4,6 \text{ s}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa tiang pancang tegak stabil terhadap frekwensi gelombang dan mampu berdiri sendiri.



## g. Kontrol Tiang Pancang Terhadap Korosi

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang dapat terjadi pada tiang pancang. Terutama saat tiang pancang berada di pantai/laut lepas. dalam perencanaan ini, korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan yang digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi setebal 3 mm. dengan aturan OCDI kecepatan korosi adalah 0.3 mm/tahun, sehingga :

$$\text{Diameter rencana} = 800 - 10 \times 0,3 = 797 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter dalam} = 800 - 19 = 781 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= 0.25 \pi (D_1^2 - D_2^2) \\ &= 0.25 \pi (797^2 - 781^2) \\ &= 19829,733 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia (I)} &= 1/64 \pi (D_1^4 - D_2^4) \\ &= 1/64 \pi (797^4 - 781^4) \\ &= 154321,178 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Section modulus (W)} &= \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32(D)} \\ &= \frac{\pi(79,7^4 - 78,1^4)}{32(79,7)} = 3872,552 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\sigma_{ijin} = 2000 \text{ kg/ cm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{ijin} &= \sigma_{ijin} \times \text{Section Modulus} \\ &= 2000 \times 3872,552 \\ &= 7745103,02 \text{ Kgcm} \\ &= 77,451 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$M_{ijin} > M_u \text{ (5,366 tm) ..... Ok}$$

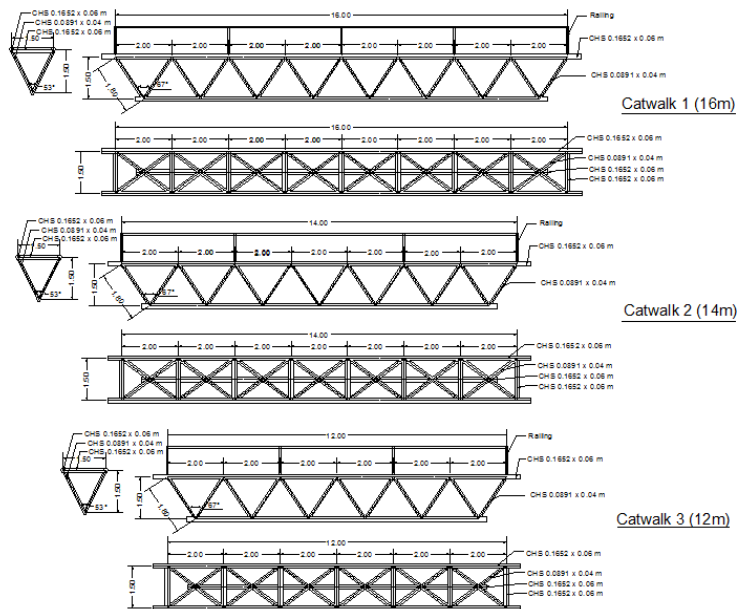
### 6.6. Perhitungan Catwalk

Struktur catwalk berfungsi sebagai penghubung antara breasting dolphin dengan mooring dolphin, dermaga (unloading platform) dengan breasting dolphin, dan penghubung antar mooring dolphin.

Dimensi catwalk direncanakan sebagai berikut:

Panjang Catwalk 1	: 16 m
Panjang Catwalk 2	: 30 m
Panjang Catwalk 3	: 12 m
Lebar	: 1,5 m
Jarak antar balok melintang	: 2 m
Tinggi	: 1,5 m

Dari spesifikasi diatas direncanakan layout struktur catwalk yang dapat dilihat pada gambar 6.37 Direncanakan profil kerangka balok utama untuk catwalk terbuat dari *Circular Hollow Sections* (CHS). Spesifikasi profil *Circular Hollow Section* dapat dilihat pada subbab 4.3.6

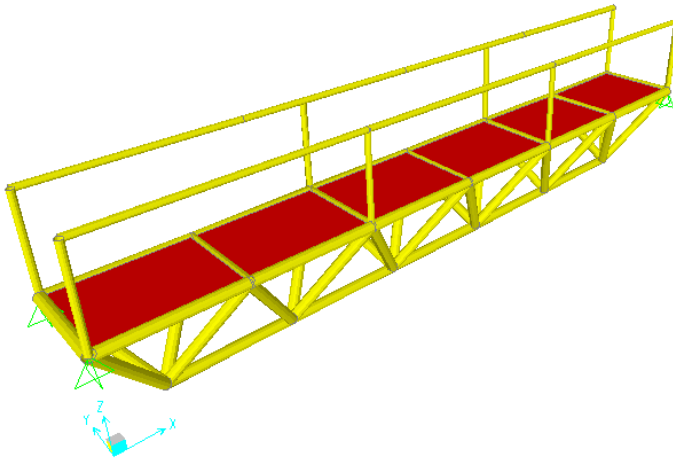


Gambar 6.37 Layout Catwalk

Pembebanan yang terjadi pada struktur catwalk dapat dilihat pada bab IV subab 4.5.6 pembebanan pada catwalk. Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam analisa pada catwalk dapat dilihat pada subbab 2.3.4

### 6.6.1 Pemodelan Catwalk Pada Program SAP 2000 dan Output Gaya – Gaya Dalam

Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan SAP 2000 v14.2.2. Melalui program bantu tersebut didapatkan hasil berupa gaya – gaya yang bekerja akibat beban pada catwalk. Untuk pemodelan struktur catwalk dapat dilihat pada gambar 6.38. untuk output gaya – gaya dalam hasil analisa dengan program SAP 2000 dapat dilihat pada Tabel 6.23 sampai 6.25



Gambar 6.38 Pemodelan Catwalk pada Program SAP 2000

Tabel 6.23 Output Gaya – Gaya Dalam Catwalk 1 (16 Meter)

Gaya	Frame/joint	Comb	Nilai	
P (tarik)	84	1	23,977	ton
V22	60	1	-0,642	ton
M33	60	1	-0,677	tm
U3	42	1	-8,419	mm

Tabel 6.24 Output Gaya – Gaya Dalam Catwalk 2 (14 Meter)

Gaya	Frame/joint	Comb	Nilai	
P (tarik)	83	1	20,385	ton
V22	60	1	-0,570	ton
M33	60	1	-0,548	tm
U3	42	1	-3.316	mm

Tabel 6.25 Output Gaya – Gaya Dalam Catwalk 3 (12 Meter)

Gaya	Frame/joint	Comb	Nilai	
P (tarik)	83	1	13,654	ton
V22	60	1	-0,429	ton
M33	60	1	-0,373	tm
U3	42	1	-2.989	mm

### 6.6.2 Kontrol Struktur Catwalk

#### a. Kontrol Balok Utama Catwalk 1 (16 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2–1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{165,2}{6} = 27,53$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{f_y} = 0,0448 \frac{2100000}{1640} = 62$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4–1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{200}{5,63} = 34,72$$

$$= 35,523 < 200 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 30,01 \times 1640$$

$$\Phi P_n = 44294,76 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 30,01 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0,75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 30,01 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 92280,75 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 44294,76 \text{ Kg} > P_{\text{tarik}} = 23977 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

$$SF = 1,847$$

- Kontrol Momen

$$S = \text{Modulus penampang elastis}$$

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(165,2^4 - 159,2^4)}{32(165,2)}$$

$$S = 60,883 \text{ cm}^3$$

$$Z = \text{Modulus penampang plastis}$$

$$= D^2t - 2Dt^2 + 4/3 t^3$$

$$= 165,2^2 \times 6 - 2 \times 165,2 \times 6^2 + 4/3 \times 6^3$$

$$= 152139,84 \text{ mm}^3$$

$$Z = 152,139 \text{ cm}^3$$

Momen Leleh

$$M_n = S \cdot f_y$$

$$M_n = 60,883 \times 1640$$

$$M_n = 99766,12 \text{ Kgcm} = 997,661 \text{ Kgm (menentukan)}$$

Momen Plastis

$$M_n = Z \cdot 1,5 \cdot f_y$$

$$M_n = 152,139 \times 1,5 \times 1640$$

$$M_n = 374261,94 \text{ Kgcm} = 3742,619 \text{ Kgm}$$

$$M_n = 3742,619 \text{ Kgm} > M_u = 997,661 \text{ Kgm} \dots \text{Oke}$$

$$SF = 3,175$$

- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{f_y} = 0,114 \frac{2100000}{1640} = 145,976$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 200}{11 \pi} \sqrt{\frac{1640}{2100000}} = 0,162$$

$$\lambda_c < \lambda_r \text{ maka } Q = 1$$

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q \lambda_c^2}) f_y \quad (4.2-2)$$

$$F_{cr} = 1 (0,658^{1(0,162)^2}) 1640 = 1622,084 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} A_g \quad (4.2-1)$$

$$P_n = 0,85 \times 1622,084 \times 30,01$$

$$P_n = 41376,929 \text{ Kg}$$

$$P_n = 41376,929 \text{ Kg} > P_{\text{actual}} = 23977 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

$$SF = 1,725$$

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 \cdot F_{cr} \cdot \frac{A_g}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 1622,084 \times \frac{30,01}{2}$$

$$V_n = 21905,433 \text{ Kg}$$

$$V_n = 21905,433 \text{ Kg} > V_{\text{actual}} = 642 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol tegangan bahan (*Yield strength*)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{44294,76}{30,01} + \frac{997,661}{152,139} = 1482,558 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 1640 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{aktual}} = 1482,558 \text{ Kg/cm}^2 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{180} = \frac{2}{180} = 0,011 \text{ m}$$

$$\Delta_{ijin} = 0,011 \text{ m} > \Delta_{aktual} = 0,00832 \text{ m}$$

- b. Kontrol Kerangka Utama Catwalk 1 (16 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2-1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{89,1}{4} = 22,275$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{fy} = 0,0448 \frac{2100000}{1640} = 62$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4-1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{180}{3.01} = 59,8$$

$$= 59,8 < 200 \text{ ...Oke}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 10,69 \times 1640$$

$$\Phi P_n = 15778,44 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 10,69 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 10,69 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 32871,75 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 15778,44 \text{ Kg} > P_{tarik} = 4922 \text{ Kg ...Oke}$$

$$SF = 3,205$$



- Kontrol Momen

S = Modulus penampang elastis

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(89,1^4 - 85,1^4)}{32(89,1)}$$

S = 11,655 cm<sup>3</sup>

Z = Modulus penampang plastis

$$= D^2t - 2Dt^2 + 4/3 t^3$$

$$= 89,1^2 \times 4 - 2 \times 89,1 \times 4^2 + 4/3 \times 4^3$$

$$= 28989,373 \text{ mm}^3$$

Z = 28,989 cm<sup>3</sup>

Momen Leleh

Mn = S. fy

Mn = 11,655 x 1640

Mn = 19114,2 Kgcmm = 191,142 Kgm (menentukan)

Momen Plastis

Mn = Z 1,5 fy

Mn = 28,989 x 1,5 x 1640

Mn = 71312,94 Kgcmm = 713,129 Kgm

Mn = 713,129 Kgm > Mu = 191,142Kgm ...Oke

SF = 3,73

- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{fy} = 0,114 \frac{2100000}{1640} = 145,976$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{1 \times 200}{11 \pi} \sqrt{\frac{1640}{2100000}} = 0,162$$

$\lambda_c < \lambda_r$  maka Q = 1

Fcr = Q (0,658<sup>Q $\lambda_c^2$</sup> ) fy (4.2-2)

Fcr = 1 (0,658<sup>1(0,162)<sup>2</sup></sup>) 1640 = 1622,084 Kg/cm<sup>2</sup>

Pn = 0,85 Fcr Ag (4.2-1)

Pn = 0,85 x 1622,084 x 10,69

Pn = 14739,066 Kg

Pn = 14739,066 Kg > P<sub>actual</sub> = 4922 Kg ...Oke

SF = 2,995

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 \cdot F_{cr} \cdot \frac{Ag}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 1622,084 \times \frac{10,69}{2}$$

$$V_n = 7803,035 \text{ Kg}$$

$$V_n = 7803,035 \text{ Kg} > V_{\text{actual}} = 304 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol tegangan bahan (*Yield strength*)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{15778,44}{110,69} + \frac{191,142}{28,989} = 149,139 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 1640 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{aktual}} = 149,139 \text{ Kg/cm}^2 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{1,8}{180} = 0,01 \text{ m}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,01 \text{ m} > \Delta_{\text{aktual}} = 0,00832 \text{ m}$$

- c. Kontrol Balok Utama Catwalk 2 (14 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2-1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{165,2}{6} = 27,53$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{fy} = 0,0448 \frac{2100000}{1640} = 62$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4-1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{200}{5,63} = 34,72$$

$$= 35,523 < 200 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 30,01 \times 1640$$

$$\Phi P_n = 44294,76 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 30,01 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0.75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 30,01 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 92280,75 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 44294,76 \text{ Kg} > P_{\text{tarik}} = 20385 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

$$SF = 2,173$$

- Kontrol Momen

$$S = \text{Modulus penampang elastis}$$

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(165,2^4 - 159,2^4)}{32(165,2)}$$

$$S = 60,883 \text{ cm}^3$$

$$Z = \text{Modulus penampang plastis}$$

$$= D^2t - 2Dt^2 + 4/3 t^3$$

$$= 165,2^2 \times 6 - 2 \times 165,2 \times 6^2 + 4/3 \times 6^3$$

$$= 152139,84 \text{ mm}^3$$

$$Z = 152,139 \text{ cm}^3$$

Momen Leleh

$$M_n = S \cdot f_y$$

$$M_n = 60,883 \times 1640$$

$$M_n = 99766,12 \text{ Kgcm} = 997,661 \text{ Kgm (menentukan)}$$

Momen Plastis

$$M_n = Z \cdot 1,5 f_y$$

$$M_n = 152,139 \times 1,5 \times 1640$$

$$M_n = 374261,94 \text{ Kgcm} = 3742,619 \text{ Kgm}$$

$$M_n = 3742,619 \text{ Kgm} > M_u = 997,661 \text{ Kgm} \dots \text{Oke}$$

$$SF = 3,175$$

- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{fy} = 0,114 \frac{2100000}{1640} = 145,976$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{1 \times 200}{11 \pi} \sqrt{\frac{1640}{2100000}} = 0,162$$

$\lambda_c < \lambda_r$  maka  $Q = 1$

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q \lambda_c^2}) f_y \quad (4.2-2)$$

$$F_{cr} = 1 (0,658^{1(0,162)^2}) 1640 = 1622,084 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} A_g \quad (4.2-1)$$

$$P_n = 0,85 \times 1622,084 \times 30,01$$

$$P_n = 41376,929 \text{ Kg}$$

$$P_n = 41376,929 \text{ Kg} > P_{\text{actual}} = 20385 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

$$SF = 2,029$$

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 F_{cr} \frac{A_g}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 1622,084 \times \frac{30,01}{2}$$

$$V_n = 21905,433 \text{ Kg}$$

$$V_n = 21905,433 \text{ Kg} > V_{\text{actual}} = 570 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol tegangan bahan (*Yield strength*)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{44294,76}{30,01} + \frac{997,661}{152,139} = 1482,558 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 1640 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{aktual}} = 1482,558 \text{ Kg/cm}^2 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{2}{180} = 0,011 \text{ m}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,011 \text{ m} > \Delta_{\text{aktual}} = 0,00331 \text{ m}$$

## d. Kontrol Kerangka Utama Catwalk 2 (14 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2-1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{89,1}{4} = 22,275$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{f_y} = 0,0448 \frac{2100000}{1640} = 62$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4-1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{180}{3.01} = 59,8$$

$$= 59,8 < 200 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 10,69 \times 1640$$

$$\Phi P_n = 15778,44 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 10,69 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0,75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 10,69 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 32871,75 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 15778,44 \text{ Kg} > P_{\text{tarik}} = 4839 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

$$SF = 3,260$$

- Kontrol Momen

$$S = \text{Modulus penampang elastis}$$

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(89,1^4 - 85,1^4)}{32(89,1)}$$

$$S = 11,655 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \text{Modulus penampang plastis} \\
 &= D^2 t - 2 D t^2 + 4/3 t^3 \\
 &= 89,1^2 \times 4 - 2 \times 89,1 \times 4^2 + 4/3 \times 4^3 \\
 &= 28989,373 \text{ mm}^3 \\
 Z &= 28,989 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Momen Leleh

$$\begin{aligned}
 M_n &= S \cdot f_y \\
 M_n &= 11,655 \times 1640 \\
 M_n &= 19114,2 \text{ Kgcm} = 191,142 \text{ Kgm (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Momen Plastis

$$\begin{aligned}
 M_n &= Z \cdot 1,5 f_y \\
 M_n &= 28,989 \times 1,5 \times 1640 \\
 M_n &= 71312,94 \text{ Kgcm} = 713,129 \text{ Kgm} \\
 M_n &= 713,129 \text{ Kgm} > M_u = 191,142 \text{ Kgm} \dots \text{Oke} \\
 SF &= 3,73
 \end{aligned}$$

- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{f_y} = 0,114 \frac{2100000}{1640} = 145,976$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 200}{11 \pi} \sqrt{\frac{1640}{2100000}} = 0,162$$

$$\lambda_c < \lambda_r \text{ maka } Q = 1$$

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q \lambda_c^2}) f_y \quad (4.2-2)$$

$$F_{cr} = 1 (0,658^{1(0,162)^2}) 1640 = 1622,084 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} A_g \quad (4.2-1)$$

$$P_n = 0,85 \times 1622,084 \times 10,69$$

$$P_n = 14739,066 \text{ Kg}$$

$$P_n = 14739,066 \text{ Kg} > P_{\text{actual}} = 4839 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

$$SF = 3,045$$

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 \cdot F_{cr} \cdot \frac{A_g}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 1622,084 \times \frac{10,69}{2}$$

$$V_n = 7803,035 \text{ Kg}$$

$$V_n = 7803,035 \text{ Kg} > V_{\text{actual}} = 239 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol tegangan bahan (*Yield strength*)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{15778,44}{110,69} + \frac{191,142}{28,989} = 149,139 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 1640 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{aktual}} = 149,139 \text{ Kg/cm}^2 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{1,8}{180} = 0,01 \text{ m}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,01 \text{ m} > \Delta_{\text{aktual}} = 0,00832 \text{ m}$$

- e. Kontrol Balok Utama Catwalk 3 (12 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2-1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{165,2}{6} = 27,53$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{f_y} = 0,0448 \frac{2100000}{1640} = 62$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4-1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{200}{5,63} = 34,72$$

$$= 35,523 < 200 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 30,01 \times 1640$$

$$\Phi P_n = 44294,76 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 30,01 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0,75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 30,01 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 92280,75 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 44294,76 \text{ Kg} > P_{\text{tarik}} = 13654 \text{ Kg ...Oke}$$

$$SF = 3,244$$

- Kontrol Momen

$$S = \text{Modulus penampang elastis}$$

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(165,2^4 - 159,2^4)}{32(165,2)}$$

$$S = 60,883 \text{ cm}^3$$

$$Z = \text{Modulus penampang plastis}$$

$$= D^2t - 2Dt^2 + 4/3 t^3$$

$$= 165,2^2 \times 6 - 2 \times 165,2 \times 6^2 + 4/3 \times 6^3$$

$$= 152139,84 \text{ mm}^3$$

$$Z = 152,139 \text{ cm}^3$$

Momen Leleh

$$M_n = S \cdot f_y$$

$$M_n = 60,883 \times 1640$$

$$M_n = 99766,12 \text{ Kgcm} = 997,661 \text{ Kgm (menentukan)}$$

Momen Plastis

$$M_n = Z \cdot 1,5 f_y$$

$$M_n = 152,139 \times 1,5 \times 1640$$

$$M_n = 374261,94 \text{ Kgcm} = 3742,619 \text{ Kgm}$$

$$M_n = 3742,619 \text{ Kgm} > M_u = 997,661 \text{ Kgm ...Oke}$$

$$SF = 3,175$$



- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{fy} = 0,114 \frac{2100000}{1640} = 145,976$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{1 \times 200}{11 \pi} \sqrt{\frac{1640}{2100000}} = 0,162$$

$\lambda_c < \lambda_r$  maka  $Q = 1$

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q \lambda_c^2}) f_y \quad (4.2-2)$$

$$F_{cr} = 1 (0,658^{1(0,162)^2}) 1640 = 1622,084 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} A_g \quad (4.2-1)$$

$$P_n = 0,85 \times 1622,084 \times 30,01$$

$$P_n = 41376,929 \text{ Kg}$$

$$P_n = 41376,929 \text{ Kg} > P_{\text{aktual}} = 13654 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

$$SF = 3,030$$

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 \cdot F_{cr} \cdot \frac{A_g}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 1622,084 \times \frac{30,01}{2}$$

$$V_n = 21905,433 \text{ Kg}$$

$$V_n = 21905,433 \text{ Kg} > V_{\text{aktual}} = 429 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol tegangan bahan (Yield strength)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{44294,76}{30,01} + \frac{997,661}{152,139} = 1482,558 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 1640 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{aktual}} = 1482,558 \text{ Kg/cm}^2 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{2}{180} = 0,011 \text{ m}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,011 \text{ m} > \Delta_{\text{aktual}} = 0,00331 \text{ m}$$

## f. Kontrol Kerangka Utama Catwalk 3 (12 meter)

Adapun kontrol-kontrol yang harus dipenuhi oleh struktur sebagai berikut:

- Kontrol Buckling (2.2-1a)

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{89,1}{4} = 22,275$$

$$\lambda_p = 0,0448 \frac{E}{fy} = 0,0448 \frac{2100000}{1640} = 62$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$  maka profil kompak

- Kontrol kelangsingan komponen (4.4-1.b)

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{180}{3.01} = 59,8$$

$$= 59,8 < 200 \text{ ...Oke}$$

- Kontrol kuat leleh (3.1a)

$$\Phi P_n = 0,9 A_g f_y$$

$$\Phi P_n = 0,9 \times 10,69 \times 1640$$

$$\Phi P_n = 15778,44 \text{ Kg (menentukan)}$$

- Kontrol kuat putus

$$A_n = A_g = 10,69 \text{ cm}^2$$

$$\Phi P_n = 0,75 A_n f_u$$

$$\Phi P_n = 0,75 \times 10,69 \times 4100$$

$$\Phi P_n = 32871,75 \text{ Kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$\Phi P_n = 15778,44 \text{ Kg} > P_{\text{tarik}} = 3607 \text{ Kg ...Oke}$$

$$SF = 4,374$$

- Kontrol Momen

$$S = \text{Modulus penampang elastis}$$

$$= \frac{\pi(D_2^4 - D_1^4)}{32D_2}$$

$$= \frac{\pi(89,1^4 - 85,1^4)}{32(89,1)}$$

$$S = 11,655 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 Z &= \text{Modulus penampang plastis} \\
 &= D^2 t - 2 D t^2 + 4/3 t^3 \\
 &= 89,1^2 \times 4 - 2 \times 89,1 \times 4^2 + 4/3 \times 4^3 \\
 &= 28989,373 \text{ mm}^3 \\
 Z &= 28,989 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Momen Leleh

$$M_n = S \cdot f_y$$

$$M_n = 11,655 \times 1640$$

$$M_n = 19114,2 \text{ Kgcm} = 191,142 \text{ Kgm (menentukan)}$$

Momen Plastis

$$M_n = Z \cdot 1,5 f_y$$

$$M_n = 28,989 \times 1,5 \times 1640$$

$$M_n = 71312,94 \text{ Kgcm} = 713,129 \text{ Kgm}$$

$$M_n = 713,129 \text{ Kgm} > M_u = 191,142 \text{ Kgm} \dots \text{Oke}$$

$$SF = 3,73$$

- Kontrol gaya tekan (Axial force)

$$\lambda_r = 0,114 \frac{E}{f_y} = 0,114 \frac{2100000}{1640} = 145,976$$

$$\lambda_c = \frac{K l}{r \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1 \times 200}{11 \pi} \sqrt{\frac{1640}{2100000}} = 0,162$$

$$\lambda_c < \lambda_r \text{ maka } Q = 1$$

$$F_{cr} = Q (0,658^{Q \lambda_c^2}) f_y \quad (4.2-2)$$

$$F_{cr} = 1 (0,658^{1(0,162)^2}) 1640 = 1622,084 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 0,85 F_{cr} A_g \quad (4.2-1)$$

$$P_n = 0,85 \times 1622,084 \times 10,69$$

$$P_n = 14739,066 \text{ Kg}$$

$$P_n = 14739,066 \text{ Kg} > P_{\text{actual}} = 3607 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

$$SF = 3,045$$

- Kontrol geser bahan (Shear force) (5.2-1)

$$V_n = 0,9 \cdot F_{cr} \cdot \frac{Ag}{2}$$

$$V_n = 0,9 \times 1622,084 \times \frac{10,69}{2}$$

$$V_n = 7803,035 \text{ Kg}$$

$$V_n = 7803,035 \text{ Kg} > V_{\text{actual}} = 143 \text{ Kg} \dots \text{Oke}$$

- Kontrol tegangan bahan (*Yield strength*)

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_{\text{aktual}} = \frac{15778,44}{110,69} + \frac{191,142}{28,989} = 149,139 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 1640 \text{ Kg/cm}^2 > \sigma_{\text{aktual}} = 149,139 \text{ Kg/cm}^2 \dots \text{Oke}$$

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{180} = \frac{1,8}{180} = 0,01 \text{ m}$$

$$\Delta_{\text{ijin}} = 0,01 \text{ m} > \Delta_{\text{aktual}} = 0,00832 \text{ m}$$

#### g. Perencanaan Las

Perhitungan sambungan

Baja : Bj 41

Las : F<sub>E90XX</sub>

Missal :  $t_e = 0,4 \text{ cm}$

A =  $30,01 \text{ cm}^2$

Kuat rencana las:

$$R_n \text{ las} = 0,6 \times 90 \times 70,3 \times 0,4 = 1518,48 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n \text{ baja} = 0,6 \times 4100 \times 0,6 = 1476 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat < Kuat rencana las

Maka, digunakan bahan las Fe90xx dengan tebal 0,4 cm

Perhitungan sambungan

Baja : Bj 41

Las : F<sub>E90XX</sub>

Missal :  $t_e = 0,3 \text{ cm}$

A =  $10,69 \text{ cm}^2$

Kuat rencana las:

$R_n \text{ las} = 0,6 \times 90 \times 70,3 \times 0,3 = 1138,86 \text{ kg/cm}^2$

$R_n \text{ baja} = 0,6 \times 4100 \times 0,4 = 984 \text{ kg/cm}^2$

Kuat mutu baja < Kuat rencana las

Maka, digunakan bahan las Fe90xx dengan tebal 0,3 cm

### 6.6.3 Perhitungan Pilar

Pilar berfungsi untuk menopang catwalk dan membagi catwalk agar tidak panjang. Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan SAP 2000 v14.2.2. Melalui program bantu tersebut didapatkan hasil berupa gaya – gaya yang bekerja. untuk output gaya – gaya dalam hasil analisa dengan program SAP 2000 dapat dilihat pada Tabel 6.26.dan pemodelan dapat dilihat pada gambar 6.39

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Dimensi poer : 2 meter x 2 meter
- Tebal poer : 1 meter
- Diameter pancang : 1 meter



Gambar 6.39 Pemodelan Pilar pada Program SAP 2000

Tabel 6.26 Output Gaya – Gaya Dalam Pilar

Gaya	Comb	Nilai	
P(tarik)	-	-	Ton
P(tekan)	2	-22,140	Ton
V22	4	0,428	Ton
M33	5	-8,565	tm
U1	1	0	mm

a. Perhitungan penulangan

Panjang = 200 cm

Lebar = 200 cm

Tinggi(h) = 100 cm

deck (d) = 7 cm

Diameter tulangan lentur = 2,9 cm ( $A_s = 6,605 \text{ cm}^2$ )

Diameter tulangan geser = 1,6 cm ( $A_s = 2,0106 \text{ cm}^2$ )

Data bahan

Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 1/3 \sigma'_{bk} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 110851,252 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma'_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_a = 1280 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{110851,252} = 18,944$$

$\phi_0$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1280}{18,944 \times 100} = 0,676$$

Perhitungan tinggi manfaat

$$\begin{aligned} h_x &= h - d - \phi_{tul-lentur} - 0,5 \phi_{tul-lentur} \\ &= 100 - 7 - 2,9 - 0,5 \cdot 2,9 \\ &= 88,65 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dari hasil SAP 2000 untuk momen pada pelat didapatkan :

$$M_t = M_l = 8,565 \text{ tm} = 856500 \text{ kg.cm}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan. Untuk  $h/b = 1/2 = 0,5 > 0,4$ , sehingga pilar didesain sebagai balok dengan  $\delta = 0,4$

- Penulangan

$$M_t = M_l = 856500 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_0 = 0,676$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{88,65}{\sqrt{\frac{18,944 \times 856500}{100 \times 1280}}} = 7,874$$

Dengan menggunakan nilai  $\delta = 0,4$  dan  $Ca = 9,948$  dari tabel n – lentur didapat :

$$\Phi = 6,532$$

$$100n\omega = 1,7$$

$$\omega = 1,706/18,944/100 \\ = 0,000901$$

Tulangan tarik

$$As = \omega b h \\ = 0,000901 \times 100 \times 88,65 \\ = 7,983 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2D29 dengan luas ( 13,21cm<sup>2</sup>)

Tulangan Tekan

$$A' = \delta As \\ = 0,4 \times 13,21 = 5,284 \text{ cm}^2$$

Dipasang 2-D29 dengan luas (13,21 cm<sup>2</sup>).

Tulangan samping

Luas tulangan samping diambil sebesar 10% dari luas tulangan tarik

$$Asd = 10\% \times 13,21\text{cm}^2 = 1,321\text{cm}^2$$

Dipasang D16 dengan luas (2,0106 cm<sup>2</sup>)



## b. Kontrol retak

Berdasarkan Peraturan Beton Indonesia tahun 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan untuk beton diluar ruangan bangunan sebesar 0,1 mm. Besarnya lebar retaka pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

Dimana:

$\alpha$  = 1 (batang yang diprofilkan)

$c$  = 8 cm (tebal beton decking)

$$\begin{aligned} w_{\text{bar}} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \times \text{berat baja tulangan} \\ &= \frac{1}{4} \pi 0,029^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 5,185 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$d = 12,8 \sqrt{w_{\text{bar}}} = 12,8 \sqrt{5,185} = 29,147 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien untuk perhitungan lebar retak sebagai berikut :

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$A$  = Luas tulangan tarik

$$\begin{aligned} B_t &= \text{Luas penampang beton yang tertarik} \\ &= 100 \times 88,65 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{19,8156}{100 \times 88,65} = 0,00224$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\Phi} = \frac{1280}{5,211} = 245,587$$

maka besar retakanan yang didapat

$$\begin{aligned} w &= 1 \left( 1,50 \cdot 7 + 0,16 \cdot \frac{2,9147}{0,00224} \right) \left( 245,587 - \frac{30}{0,00224} \right) 10^{-6} \\ &= -6,432 \text{ cm} < 0,01 \text{ cm} \dots \text{Oke} \end{aligned}$$

c. Kontrol geser pons

Pada struktur mooring dolphin, kontrol geser pons perlu dikontrol karena pada struktur ini tidak ada balok, sehingga tiang pancang langsung menumpu pada poer. Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus:

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm} \quad (\text{PBI 71 11.9.(2)})$$

Dimana:

P = gaya aksial pelat dari tiang pancang

c = diameter tiang pancang

ht = tinggi total pelat atau poer

$\tau_{bm}$  = tegangan ijin beton ( $0,65\sqrt{\sigma'_{bk}}$ )

Sehingga:

$$\tau_{bp} = \frac{22,140 \times 10^3}{\pi \cdot (100 + 100) \cdot 100} \leq 0,65\sqrt{300}$$

$$\tau_{bp} = 0,352 \text{ kg/cm}^2 \leq 11,258 \text{ kg/cm}^2$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin beton, maka poer dikatakan aman dari gaya pons atau keruntuhan akibat pons.

d. Rekap Penulangan

Dari perhitungan diatas maka penulangan yang didapat dapat dilihat pada tabel 6.27

Tabel 6.27 Rekap Penulangan Poer pada Pilar

Segmen	Tulangan utama	Tulangan samping
Tumpuan	2D29	D16
Lapangan	2D29	

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

## **BAB VII**

### **METODE PELAKSANAAN**

#### **7.1. Umum**

Dalam bab metode pelaksanaan ini menjelaskan metode pelaksanaan dari hasil perencanaan pada bab-bab sebelumnya. Perencanaan tersebut meliputi :

- a. Metode pelaksanaan jetty, meliputi :
  - Trestel
  - Mooring Dolphin
  - Unloading Platform
  - Breasting Dolphin
- b. Metode pelaksanaan catwalk

#### **7.2. Metode Pelaksanaan Jetty**

Metode pelaksanaan pekerjaan struktur jetty dibagi kedalam 3 tahap, yaitu :

- a. Tahap Persiapan
- b. Tahap Konstruksi
- c. Tahap Pasca Konstruksi

##### **7.2.1 Tahap Persiapan**

Pada tahap persiapan dilakukan pekerjaan-pekerjaan persiapan yang menunjang pelaksanaan struktur utama dermaga, baik persiapan dari sisi darat maupun sisi laut. Tahap persiapan ini terdiri dari beberapa pekerjaan, yaitu :

- a. Pembersihan Lahan  
Membersihkan lahan di proyek dan sekitar proyek, agar tidak ada yang mengganggu saat proses konstruksi.

b. Pengadaan dan Mobilisasi Alat Berat

Alat berat yang diperlukan pada proyek ini adalah crane, ponton, dan alat pancang.

c. Direksi kit

Direksikit berfungsi sebagai tempat *official*, seperti untuk tempat rapat, tempat bekerja pelaksana yang terkait pelaksanaan proyek, pengawasan dan lain – lain. Berikut contoh direksi kit yang dapat dilihat pada gambar 7.1



Gambar 7.1 Direksi kit

d. Fasilitas Umum Pendukung

Fasilitas seperti penerangan di daerah kerja, rambu-rambu K3 dan tanda - tanda pengamanan di lokasi sekitar proyek.

e. Pengadaan Material

Menyiapkan kebutuhan bahan atau material untuk keperluan proyek seperti tiang pancang, kayu, besi, semen, agregat dan lain – lain.

### 7.2.2 Tahap Konstruksi

Tahap konstruksi adalah pekerjaan struktur utama dermaga, baik struktur bawah maupun struktur atas. Tahap konstruksi terdiri dari :

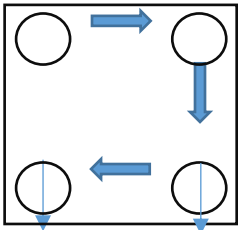
#### a. Pemancangan Tiang Pancang

Pekerjaan pemancangan sangat berpengaruh pada hasil dermaga secara keseluruhan nantinya, karena jika pada pemancangan banyak terjadi kesalahan atau tidak lurus maka akan mempengaruhi pada pekerjaan selanjutnya dan akan mempengaruhi hasil akhir pelaksanaan dermaga. Sebelum pelaksanaan pemancangan dilakukan setting dengan theodolit, posisi theodolit dipasang pada daerah yang tenang.

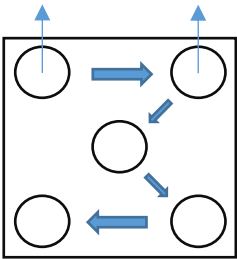
Pekerjaan pemancangan tiang pancang dilaksanakan pada daerah perairan, sehingga diperlukan bantuan ponton dalam pelaksanaan. Ponton digunakan untuk mengangkut hammer atau alat pancang dan mengangkut tiang pancang yang akan dipancang dari tempat penyimpanan ke daerah yang akan dipancang. Pada saat pemancangan ponton yang membawa hammer harus dalam keadaan tenang atau tidak terlalu goyang, agar hasil pemancangan dapat maksimal, untuk membantu agar ponton tidak goyang adalah dengan menggunakan sling.

Pada struktur dermaga, seluruh pondasi menggunakan pondasi pancang. Dikarenakan dari sisi darat tidak memungkinkan pemancangan sebab lebar breakwater yang kurang memadai, maka pemancangan direncanakan melalui sisi laut dengan bantuan ponton.

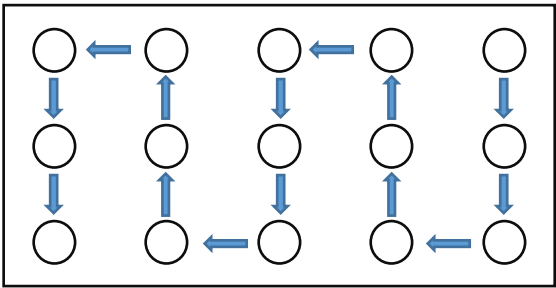
Urutan pemancangan secara keseluruhan, dimulai dari sebelah kanan. Urutan pemancangan dapat dilihat pada gambar 7.2 untuk alur pemancangan mooring dolphin. Pada breasting dolphin, unloading platform dan trestle alur pemancangan tiang pancang dapat dilihat pada gambar 7.3, 7.4, dan 7.5.



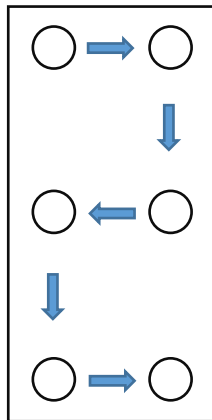
Gambar 7.2 Alur Pemancangan Mooring



Gambar 7.3 Alur Pemancangan Breasting Dolphin



Gambar 7.4 Alur Pemancangan Unloading Platform



Gambar 7.5 Alur Pemancangan Trestel

Secara umum metode pelaksanaan pemancangan adalah sebagai berikut :

- Tiang pancang dipindahkan dari lapangan penyimpanan ke ponton crane, untuk dibawa ke area pemancangan.
- Sebelum pemancangan dilakukan, masing-masing tiang pancang diberi tanda berupa garis dan angka yang menunjukkan panjang terbenamnya tiang. Garis tersebut berjarak 1 meter, hal ini untuk memudahkan pemantauan terhadap masuknya tiang pancang.
- Setelah ponton pancang berada pada titik tujuan, ponton crane membawa tiang pancang ke area pemancangan.
- Saat pemancangan ponton pancang diarahkan ke titik yang dituju dengan bantuan teodolit agar berada pada titik yang sudah direncanakan. Posisi teodolit diusahakan pada pada darah yang stabil dan tidak terjadi goyangan.



- Setelah sesuai, tali pengikat tiang pada hydraulic hammer dikendorkan sehingga tiang pancang akan turun sampai seabed dan diukur kembali kemiringan dan posisinya dengan todolit. Apabila sudah sesuai baru pemancangan dilakukan sampai kedalaman yang sudah direncanakan.
- Pada umumnya panjang tiang pancang yang difabrikasi tidak memenuhi kedalaman rencana. Untuk menambah panjang dari tiang rencana, maka tiang disambung dengan las.
- Untuk pemberhentian proses pemancangan dilakukan kalendering, pada sepuluh pukulan terakhir apabila  $S_{rencana} > S_{lapangan}$  pemancangan dapat diberhentikan.
- Pemotongan tiang pancang yang berlebih dilakukan dengan las gas sampai pada elevasi tiang yang direncanakan.

b. Pelaksanaan Poer/Pile Cap

Pelaksanaan poer dilakukan setelah pemancangan selesai dilakukan. Metode pelaksanaan poer adalah sebagai berikut :

- Pemindahan pile jacket ke posisi tiang pancang yang sebelumnya sudah dibuat di *workshop*. Pengaitan pile jacket yang dibantu oleh crane.
- Memasang landasan untuk bekisting berupa sabuk pengikat yang dibaut dengan 2 baut untuk tiap pengikatnya pada tiang pancang
- Melanjutkan perakitan bekisting poer diatas landasan yang telah ada, sesuai dengan ukurannya. Bekisting poer ini dapat menggunakan material kayu. Bekisting harus lurus dan dikerjakan dengan teliti, serta sambungan antar papan bekisting harus rapat agar adukan beton tidak keluar dari bekisting.
- Memasang balok kayu yang menghubungkan antara tiang satu dengan tiang lainnya baik arah memanjang maupun melintang. Hal ini untuk menghindari Bergeraknya bekisting poer pada arah horisontal.

- Memasang tulangan spiral pada ujung tiang pancang sedalam -1 m LWS dan diujung tiang pancang dilas tulangan yang berfungsi sebagai tulangan penyaluran dan akan tertanam dalam poer. Pada ujung tulangan sebelah dalam tiang dipasang landasan berupa papan kayu sebagai tempat berhentinya beton saat dicor. Selanjutnya dilakukan pemasangan tulangan beton pengisi tiang dan tulangan poer.
- Pengecoran dilakukan sekaligus sehingga antara beton pengisi tiang dan poer monolit.
- Bekisting untuk dasar poer dipasang terlebih dahulu, sedangkan bekisting pada sisi-sisi poer dipasang setelah tulangan poer terpasang, dimana sebelumnya tulangan poer telah dirangkai terlebih dahulu di area *workshop*.
- Pengecoran harus dilakukan secara menerus dan hanya boleh berhenti di tempat-tempat yang dianggap aman dan telah direncanakan sebelumnya. Bila pengecoran dihentikan, dan kemudian akan disambung lagi, maka pengecoran sebelumnya harus dibersihkan permukaannya dan dibuat kasar dengan sikat baja agar hasil pengecoran yang baru bisa melekat sempurna dengan permukaan yang lama.
- Sebelum pengecoran yang baru dilakukan, permukaan yang akan disambung harus disiram dengan air semen 1 PC : 0,45 air, kemudian permukaan sambungan dilapisi dengan lem beton dan dicor kembali.
- Selama waktu pengerasan, beton harus dilindungi dengan air bersih atau ditutup dengan karung basah terus menerus selama paling tidak 10 hari setelah pengecoran. Pembongkaran bekisting beton tidak boleh dilakukan sebelum waktu pengerasan menurut PBI 1971 dipenuhi dan pembongkarannya dilakukan hati-hati agar jangan sampai merusak beton yang sudah mengeras.

c. Metode Pelaksanaan Balok dan Pelat

Setelah pemasangan bekisting poer dan pengecorannya selesai dilaksanakan, pekerjaan berikutnya adalah pelaksanaan balok dan pelat yang hanya ada distruktur unloading platform dan trestle. Adapun metode pelaksanaan balok dan pelat adalah sebagai berikut :

- Memasang bekisting balok memanjang dan melintang sesuai dengan ukuran rencana dan ditopang dengan kayu ke landasan yang telah terpasang pada bekisting tersebut. seperti halnya bekisting poer, bekisting balok ini juga dapat dibuat dari kayu dan pembuatannya harus benar-benar diperhatikan, baik itu kelurusan, kekokohan, maupun kerapatannya.
- Penulangan pada balok dirangkai terlebih dahulu di workshop, sedangkan penulangan pelat dirangkai di tempat. Pada saat penempatan tulangan di lapangan, harus diperhatikan jarak antara tulangan dengan bekisting untuk mendapatkan tebal selimut minimum 7 cm. untuk mendapatkan tebal selimut ini, biasanya dipakai beton decking yang ditempatkan pada titik tertentu agar besi tulangan tidak melendut.
- Khusus pada pelaksanaan Breasting Dolphin dipasang angker untuk fender, sedangkan pada Mooring Dolphin dipasang angker bollard. Untuk di unloading platform dipasang angker untuk alat – alat bongkar muat yang sudah direncanakan. Pemasangan ini harus presisi agar tidak terjadi masalah dalam pemasangan.
- Ketika semua tulangan selesai terpasang, pengecoran mulai dilakukan dengan menuangkan beton readymix ke dalam bekisting dan dipadatkan dengan vibrator. Pada saat beton basah dituangkan, tinggi jatuh beton readymix tidak lebih dari 1 m, hal ini untuk menghindari agar jatuhnya beton tersebut tidak membuat bekisting rusak.
- Pengecoran dilakukan secara menerus dan hanya boleh berhenti di tempat-tempat yang dianggap aman dan telah direncanakan sebelumnya.

- Bila pengecoran dihentikan, dan kemudian akan disambung lagi, maka pengecoran sebelumnya harus dibersihkan permukaannya dan dibuat kasar agar hasil pengecoran yang baru bisa melekat sempurna dengan permukaan yang lama.
- Sebelum pengecoran yang baru dilakukan, permukaan yang akan disambung harus disiram dengan air semen 1 PC : 0,45 air, kemudian permukaan sambungan dilapisi dengan lem beton dan dicor kembali.
- Selama waktu pengerasan, beton harus dilindungi dengan air bersih atau ditutup dengan karung basah (curing) terus menerus selama paling tidak 10 hari setelah pengecoran.
- Pembongkaran bekisting beton tidak boleh dilakukan sebelum waktu pengerasan menurut PBI 1971 dipenuhi dan pembongkarannya dilakukan hati-hati agar jangan sampai merusak beton yang sudah mengeras.

### 7.2.3 Tahap Pasca Konstruksi

Pada tahap ini dilakukan pemasangan fasilitas-fasilitas pelengkap deramga, yaitu :

#### a. Pemasangan Fender

Setelah beton mengeras dengan sempurna, angker fender yang sudah tertanam saat pengecoran dibersihkan dan fender ditempatkan pada posisinya lalu dibaut.

#### b. Pemasangan Bollard

Proses pemasangan bollard sama seperti pada fender yaitu setelah beton mengeras dengan sempurna. Bollard dipasang pada angker yang sudah tertanam, lalu dicor setempat dan dibaut.

#### c. Pembuatan Rumah pompa

Agar alat pompa terlindungi maka dibuat rumah pompa yang terbuat dari beton dan dinding bata ringan yang terletak di unloading platform.

#### d. Pemasangan Utilitas

Karena dermaga yang direncanakan adalah dermaga curah cair, dipasang utilitas berupa pipa penyalur.

e. **Pemasangan Alat Bongkar Muatan**

Setelah beton mengeras sempurna, angker – angker alat yang sudah tertanam sebelumnya diberishkan dan alat - alat ditempatkan diposisinya dibantu oleh ponton crane dinaikan ke unloading platform. Alat – alat seperti marine loading arm, tower gangway, fire monitor tower dan jib crane dipasang pada angker yang sudah tertanam, lalu dicor setempat dan dibaut.

### **7.3. Metode Pelaksanaan Catwalk**

Dalam pelaksanaan struktur Catwalk, perencanaan dibagi menjadi 3 tahap:

- a. Tahap persiapan
- b. Tahap konstruksi
- c. Tahap pasca konstruksi

#### **7.3.1 Tahap Persiapan**

Tahap persiapan dalam pelaksanaan struktur catwalk yaitu menyiapkan dudukan atau tempat perletakan dari catwalk itu sendiri. Dimana perletakan terbuat dari karet/elastomer yang dipasang di atas Loading Platform, Mooring dan Breasting Dolphin. Perakitan catwalk dilakukan area workshop.

#### **7.3.2 Tahap Konstruksi**

Pada tahap konstruksi ini dilakukan dengan bantuan ponton, mobile crane, ponton crane dan teodolit. Ponton berfungsi untuk membawa potongan catwalk yang telah dilas di darat, mobile crane berfungsi untuk mengangkat catwalk untuk diletakkan di ponton, dan ponton crane berfungsi mengangkat catwalk untuk diletakkan diperletakan. Dalam pemasangannya dibantu dengan teodolit agar lebih presisi.

#### **7.3.3 Tahap Pasca Konstruksi**

Pada tahap ini, yaitu setelah catwalk selesai dibangun, kemudian dipasang pelat baja untuk injakan kaki serta pegangan tangan pada catwalknya.

## BAB VIII

### RENCANA ANGGARAN BIAYA

#### 8.1 Umum

Dalam bab Rencana Anggaran biaya ini menjelaskan mengenai prosedur dan cara dalam menghitung analisis biaya keseluruhan pembangunan jetty muatan aspal. Adapun hal – hal yang perlu diperhatikan meliputi:

- a. Penentuan harga material dan upah.
- b. Analisa harga satuan.
- c. Perhitungan rencana anggaran biaya.

#### 8.2 Harga Material dan Upah

Harga material dan upah diambil dari “Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomer PM. 78 Tahun 2014”. Untuk lokasi proyek yang berada di Kabupaten tuban maka harga dikalikan dengan nilai koefisien kemahalan sebesar 0,8032. Berikut ini rincian daftar harga upah pekerja yang dapat dilihat pada tabel 8.1, daftar harga material dan bahan pada tabel 8.2 dan daftar harga sewa peralatan pada tabel 8.3.

Tabel 8.1 Daftar Upah Pekerja

No	Tenaga Kerja	Satuan	Harga satuan yg dipakai
1	Mandor	Hari / Orang	Rp 99,587.47
2	Kepala Tukang	Hari / Orang	Rp 88,028.22
3	Tukang	Hari / Orang	Rp 76,448.34
4	Pembantu Tukang	Hari / Orang	Rp 45,979.18
5	Operator	Hari / Orang	Rp 91,958.37
6	Kepala Tukang Las	Hari / Orang	Rp 88,028.22
7	Tukang Las	Hari / Orang	Rp 76,458.66
8	Sopir	Hari / Orang	Rp 71,456.81
9	Operator Alat Berat	Hari / Orang	Rp 91,958.37
10	Operator Pancang	Hari / Orang	Rp 123,087.56
11	Juru Ukur	Hari / Orang	Rp 69,585.84

Tabel 8.2 Daftar Harga Material dan Bahan

no	Jenis Bahan	Satuan	Harga satuan yang digunakan
A	Semen		
1	Semen Portland	Sak	Rp 49,559.54
2	Beton Ready Mix K350	m <sup>3</sup>	Rp 610,191.04
B	Bahan dan Material Alam		
1	Batu Pecah 1 - 2 cm	m <sup>3</sup>	Rp 216,827.52
2	Pasir Beton	m <sup>3</sup>	Rp 132,020.42
3	Besi Beton Ulir	Kg	Rp 8,302.04
4	Baja Profil	Kg	Rp 11,030.71
5	Plat Baja	Kg	Rp 11,030.71
6	Paku	Kg	Rp 16,374.61
7	Kawat Beton	Kg	Rp 16,924.64
8	Kawat Las (elektroda)	Kg	Rp 20,798.06
9	Pipa Baja	Kg	Rp 12,048.00
10	Elastomer	Buah	Rp 720,197.31
11	Kayu Balok Kelas II	m <sup>3</sup>	Rp 580,312.00
12	Multiplek	lb	Rp 242,357.57
13	Oli	liter	Rp 28,278.26
14	Solar	liter	Rp 8,248.86
15	Air	liter	Rp 401.60
C	Lain-Lain		
1	PDA test	Buah	Rp 13,793,755.20
2	Tes Material Beton	ls	Rp 10,259,524.99
3	Bollard	unit	Rp 80,000,000.00
4	Fender SCN	unit	Rp 113,514,000.00
5	Marine Loading Arm BO300	unit	Rp 1,170,000,000.00
6	Tower Gangway	unit	Rp 450,000,000.00
7	Fire Monitor Tower	unit	Rp 195,000,000.00
8	Jib Crane	unit	Rp 265,200,000.00

Tabel 8.3 Daftar Harga Sewa Peralatan

No	Jenis Peralatan	Satuan	Harga satuan yg dipa
1	Kapal Ponton	Hari	Rp 4,726,832.00
2	Crane	Hari	Rp 5,195,389.96
3	Diesel Hammer	Hari	Rp 1,701,659.52
4	Concrete Mixer	Hari	Rp 1,379,375.52
5	Concrete Pump	Hari	Rp 193,105.34
6	Concrete Vibrator	Hari	Rp 1,379,375.52
7	Mesin las	Hari	Rp 1,557,706.00
8	Generator	Hari	Rp 1,095,765.60
9	Tug boat	Hari	Rp 3,542,201.96
10	Perahu motor	Hari	Rp 146,102.08

### 8.3 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan merupakan acuan untuk menghitung harga standart satuan pekerjaan. Dalam tugas akhir ini analisa harga satuan pekerjaan yang digunakan merupakan yang berada di Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomer PM. 78 Tahun 2014 yang sesuai dengan pekerjaan yang dibutuhkan. Analisa harga satuan pekerjaan dapat dilihat pada tabel 8.4.

Tabel 8.4 Analisa Harga Satuan Menurut Permen Hub No 78

Pembangunan Dermaga Penyeberangan : Pekerjaan Persiapan					
401		PEKERJAAN PERSIAPAN			
401	5001	-Pengukuran	hari	180,00	698.277,72
401		-Penerangan/keselamatan kerja			125.689.989,60
401	5002	--Operasional Penerangan	hari	180,00	3.530.938,26
401		--Perlengkapan Keselamatan Kerja	ls	1,00	1.000.000,00
401		--Kabel dan lampu untuk penerangan	ls	1,00	1.500.000,00
401		--Mobilisasi dan demobilisasi	ls	1,00	440.000.000,00
401		--Direksi Keet beserta perlengkapannya	ls	1,00	25.200.000,00
401	2	-Pagar Pengaman Proyek	ls	1,00	479.500,36
401		- Asuransi			
401		--Construction all risks	ls	0,00	36.363.640.000,00
401		--Asuransi tenaga kerja	ls	0,00	36.363.640.000,00
401		--Dokumentasi/Administrasi/As Built Drawing	ls	1,00	35.000.000,00
		JUMLAH			1.400.802.029,44
		PPN 10 %			140.080.202,94
		JUMLAH TOTAL			1.540.882.232,38
		Harga per- Paket			1.540.882.233,00



Lanjutan Tabel 8.4

Operasional Ponton Transport (hari)									
3002	201 Pekerja.	oh	10,0000	80.814,96	808.149,60	0,00	0,00	808.149,60	
3002	204 Operator.	oh	1,0000	95.192,55	95.192,55	0,00	0,00	95.192,55	
3002	226 Pembantu Operator.	oh	2,0000	57.245,00	114.490,00	0,00	0,00	114.490,00	
3002	639 Ponton Transport	jam	5,0000	1.070.000,00	0,00	0,00	5.350.000,00	5.350.000,00	
3002	7019 Grease	kg	2,0000	74.900,00	0,00	149.800,00	0,00	149.800,00	
3002	7030 Oli	litr	5,0000	35.207,00	0,00	176.035,00	0,00	176.035,00	
3002	7041 Solar	litr	200,0000	10.270,00	0,00	2.054.000,00	0,00	2.054.000,00	
Jumlah					1.017.832,15	2.379.835,00	5.350.000,00	8.747.667,15	
Pengkangkutan Tiang Pancang Ke Tikik Pancang (M <sup>3</sup> )									
3003	93001 Operasional Crawl Crane (hari)	hari	0,0080	5.115.687,55	1.677,46	23.146,68	16.101,36	40.525,50	
3003	93002 Operasional Ponton Transport (Hari)	hari	0,0080	8.747.667,15	8.142,66	19.038,68	42.800,00	69.981,34	
Jumlah					9.820,12	42.185,36	58.901,36	110.906,84	
Operasional Diesel Hammer (hari)									
3004	201 Pekerja.	oh	3,0000	80.814,96	242.444,88	0,00	0,00	242.444,88	
3004	204 Operator.	oh	1,0000	95.192,55	95.192,55	0,00	0,00	95.192,55	
3004	226 Pembantu Operator.	oh	2,0000	57.245,00	114.490,00	0,00	0,00	114.490,00	
3004	672 Diesel Hammer	jam	5,0000	423.720,00	0,00	0,00	2.118.600,00	2.118.600,00	
3004	7020 Karbit	kg	2,0000	19.688,00	0,00	39.376,00	0,00	39.376,00	
3004	7030 Oli	litr	4,0000	35.207,00	0,00	140.828,00	0,00	140.828,00	
3004	7041 Solar	litr	200,0000	10.270,00	0,00	2.054.000,00	0,00	2.054.000,00	
Jumlah					452.127,43	2.234.204,00	2.118.600,00	4.804.931,43	
Pemancangan Tiang Tegak (M <sup>3</sup> )									
3006	93003 Pengangkutan Tiang Pancang Ke Tikik Pancang (M <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	1,0000	110.906,84	9.820,12	42.185,36	58.901,36	110.906,84	
3006	93004 Operasional Diesel Hammer (Hari)	hari	0,0333	4.804.931,43	15.070,91	74.473,46	70.619,99	160.164,36	
3006	93005 Operasional Ponton Pancang (Hari)	hari	0,0333	8.764.717,32	28.450,44	40.240,13	256.799,97	325.490,54	
Jumlah					53.341,47	156.898,95	386.321,33	596.561,75	
Pemancangan Tiang Miring (M <sup>3</sup> )									
3007	930.13 Pengangkutan Tiang Pancang Ke Tikik Pancang (M <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	1,0000	110.906,84	9.820,12	42.185,36	58.901,36	110.906,84	
3007	93004 Operasional Diesel Hammer (Hari)	hari	0,0417	4.804.931,43	18.836,64	93.091,84	88.275,01	200.205,49	
3007	93005 Operasional Ponton Pancang (Hari)	hari	0,0417	8.764.717,32	35.563,06	50.300,17	321.000,03	406.863,25	
Jumlah					64.221,82	185.577,37	458.176,39	717.975,58	
Penyambungan Tiang Pancang Bola (buah)									
3008	201 Pekerja.	oh	0,2000	80.814,96	16.162,99	0,00	0,00	16.162,99	
3008	206 Mundor.	oh	0,0200	123.988,39	2.480	-	-	2.480	
3008	254 Tukang Las.	oh	0,2000	95.192,55	19.038,51	0,00	0,00	19.038,51	
3008	626 Generator Set	jam	1,0000	272.850,00	0,00	0,00	272.850,00	272.850,00	
3008	633 Mesin las 40 Amp	jam	1,0000	277.208,11	0,00	0,00	277.208,11	277.208,11	
3008	2120 Plat baja	kg	1,0000	13.723,45	0,00	13.723,45	0,00	13.723,45	
Jumlah					37.681,27	13.723,45	550.058,11	601.472,83	
Pemotongan Tiang Pancang Baja (Buah)									
3009	201 Pekerja.	oh	1,0000	80.814,96	80.814,96	0,00	0,00	80.814,96	
3009	254 Tukang Las.	oh	0,5000	95.192,55	47.596,28	0,00	0,00	47.596,28	
3009	634 Mesin Las Karbit	jam	1,0000	228.980,00	0,00	0,00	228.980,00	228.980,00	
3009	639 Ponton Transport	jam	0,0250	1.070.000,00	0,00	0,00	26.750,00	26.750,00	
3009	811 Alat bantu pemotongan tiang pancang	ls	1,0000	30.602,00	0,00	0,00	30.602,00	30.602,00	
3009	7003 Acetolin @ 15 kg	tabung	0,3000	155.150,00	0,00	46.545,00	0,00	46.545,00	
3009	7029 Oksigen (tabung)	tabung	0,0500	642.000,00	0,00	32.100,00	0,00	32.100,00	
Jumlah					128.411,24	78.645,00	286.332,00	493.385,24	
Beton Isi Tiang Pancang (M3)									
3020	201 Pekerja.	oh	1,0000	80.814,96	80.814,96	0,00	0,00	80.814,96	
3020	206 Mundor.	oh	0,1000	123.988,39	12.398,84	0,00	0,00	12.398,84	
3020	244 Tukang Basl.	oh	0,5000	95.192,55	47.596,28	0,00	0,00	47.596,28	
3020	90148 Permesian dengan besi polos(kg)	kg	110,0000	11.852,18	148.056,36	1.155.683,94	0,00	1.303.740,30	
3020	91433 Beton K-400 (M3)	m3	0,6700	2.620.487,70	24.838,63	1.682.666,78	48.221,36	1.755.726,76	
3020	93019 Plat Stopper Tiang Pancang (M3)	m3	11,5600	60.867,57	513.947,37	189.681,68	0,00	703.629,05	
Jumlah					827.652,43	3.028.032,40	48.221,36	3.903.906,19	

## Lanjutan Tabel 8.4

Percobaan pembebanan tiang pancang (PDA test)									
3041	529	Tes PDA	oh	1,0000	17.173.500,00	17.173.500,00	0,00	0,00	17.173.500,00
Jumlah						17.173.500,00	0,00	0,00	17.173.500,00
Tes Material Beton (s)									
3042	201	Pekerja	oh	7,0000	80.814,96	565.704,72	0,00	0,00	565.704,72
3042	207	Asisten Laborat	oh	7,0000	80.814,96	565.704,72	0,00	0,00	565.704,72
3042	236	Tenaga Ahli	oh	7,0000	181.900,00	1.273.300,00	0,00	0,00	1.273.300,00
3042	514	Job Mix Design	ls	1,0000	3.745.000,00	3.745.000,00	0,00	0,00	3.745.000,00
3042	527	Sounding	m2	1,0000	3.745,00	3.745,00	0,00	0,00	3.745,00
3042	528	Fres kuat Tekan	ls	1,0000	5.350.000,00	5.350.000,00	0,00	0,00	5.350.000,00
3042	1102	Semen PC	kg	150,0000	1.284,00	0,00	192.600,00	0,00	192.600,00
3042	1208	Agregat Pecah Mesin 20-30 mm	m3	0,2500	269.954,58	0,00	67.488,65	0,00	67.488,65
3042	1249	Pasir beton	m3	0,2500	164.368,05	0,00	41.092,01	0,00	41.092,01
3042	2004	Besi beton	kg	53,4136	18.335,43	0,00	968.677,89	0,00	968.677,89
Jumlah					11.503.454,44	1.769.856,54	0,00	0,00	12.773.312,98
Sounding									
3043	527	Sounding	m2	1,0000	3.745,00	3.745,00	0,00	0,00	3.745,00
Jumlah					3.745,00	3.745,00	0,00	0,00	3.745,00
Pembesian dengan besi ulir(kg)									
149	201	Pekerja	oh	0,0050	80.814,96	404,07	0,00	0,00	404,97
149	206	Mandor	oh	0,0003	123.988,39	37,20	0,00	0,00	37,20
149	211	Kepala Tukang Batu	oh	0,0005	109.596,89	54,80	0,00	0,00	54,80
149	243	Tukang Batu	oh	0,0050	95.192,55	475,96	0,00	0,00	475,96
149	2006	Besi Beton Ulir	kg	1,0500	10.336,20	0,00	10.853,01	0,00	10.853,01
149	2304	Kawat Beton/Bendrat RRT	kg	0,0150	21.071,51	0,00	316,07	0,00	316,07
Jumlah					972,03	11.169,08	0,00	0,00	12.141,12
Pengadukan Tiang Pancang Baja (1 kg)									
3037	512	Bongkar muat di pelabuhan	kg	1,0000	535,00	535,00	0,00	0,00	535,00
3037	513	Bongkar muat di pelabuhan sementara	kg	1,0000	695,50	695,50	0,00	0,00	695,50
3037	523	Pengangkutan dari pabrik (1 ton pipa ekuivalen dengan 2 m3 volume)	kg	1,0000	722,25	722,25	0,00	0,00	722,25
3037	531	Transport dari pelabuhan ke pelabuhan sementara (1 ton pipa ekuivalen dengan 2 m3 volume)	m3	2,0000	2.407,50	4.815,00	0,00	0,00	4.815,00
3037	532	Transport dari pelabuhan sementara ke lokasi proyek (1 ton pipa ekuivalen dengan 2 m3 volume)	m3	2,0000	1.177,00	2.354,00	0,00	0,00	2.354,00
3037	3021	Pipa Baja	kg	1,0000	15.000,00	0,00	15.000,00	0,00	15.000,00
3037	6030	Kayu kelas III	m3	0,0001	3.745.000,00	0,00	187,25	0,00	187,25
Jumlah					9.121,75	15.187,25	0,00	0,00	24.309,00
Pembersihan lokasi Pekerjaan dengan Alat Berat (ls/hari)									
3038	204	Operator	oh	1,0000	95.192,55	95.192,55	0,00	0,00	95.192,55
3038	206	Mandor	oh	2,0000	123.988,39	247.976,78	0,00	0,00	247.976,78
3038	206	Mandor	oh	5,0000	123.988,39	619.941,95	0,00	0,00	619.941,95
3038	226	Pembantu Operator	oh	1,0000	57.245,00	57.245,00	0,00	0,00	57.245,00
3038	620	Dump Truck 3,5 Ton	jam	5,0000	160.500,00	0,00	802.500,00	0,00	802.500,00
3038	623	Excavator	jam	5,0000	374.500,00	0,00	1.872.500,00	0,00	1.872.500,00
3038	7030	Oil	litr	1,2000	35.207,00	0,00	42.248,40	0,00	42.248,40
3038	7041	Solar	litr	200,0000	10.270,00	0,00	2.054.000,00	0,00	2.054.000,00
Jumlah					1.020.356,28	2.096.248,40	2.675.000,00	0,00	5.791.604,68

#### 8.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Dalam perencanaan anggaran biaya ini, tahap pekerjaan yang dihitung meliputi :

- a. Pekerjaan Persiapan
- b. Pekerjaan Mooring Dolphin
- c. Pekerjaan Breasting Dolphin
- d. Pekerjaan Unloading Platform
- e. Pekerjaan Trastle
- f. Pekerjaan Catwalk

Berikut ini adalah rincian kebutuhan tiap pekerjaan yang dilakukan dapat dilihat dalam tabel 8.5 sampai dengan tabel 8.10.

Tabel 8.5 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Persiapan

No	Uraian Pekerjaan	Volume	satuan	Harga satuan	Total Harga
I	Pekerjaan Persiapan				
1	Pembersihan Lahan	1	ls	Rp 1,000,000,000.00	Rp 1,000,000,000.00
2	Mobilisasi dan demobilisasi	1	ls	Rp 500,000,000.00	Rp 500,000,000.00
3	Administrasi	1	ls	Rp 50,000,000.00	Rp 50,000,000.00
Total Cost					Rp 1,550,000,000.00

Tabel 8.6 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Mooring Dolphin

No	Uraian Pekerjaan	Volume	satuan	Harga satuan	Total Harga
II	Pekerjaan 1 Mooring Dolphin	6	buah		
1	Steel Pipe Pile Ø1000 mm, t=19mm, kedalaman -23,3 m	96	m'	Rp 8,981,494.85	Rp 862,223,505.41
2	Transportasi ke lokasi dan positioning	96	m'	Rp 120,000.00	Rp 11,520,000.00
3	Pengadaan dan pemasangan sepatu tiang	4	buah	Rp 2,282,514.74	Rp 9,130,058.98
4	Pemancangan				
	Tegak	48	m'	Rp 479,157.80	Rp 22,999,574.17
	Miring	48	m'	Rp 576,677.99	Rp 27,680,543.32
5	Percobaan Pembebanan Tiang pancang(PDA tes)	1	buah	Rp 13,793,755.20	Rp 13,793,755.20
6	Penyambungan Tiang Pancang	4	buah	Rp 485,968.14	Rp 1,943,872.58
7	Pemotongan Tiang Pancang (1 tiang 1 kali potong)	4	buah	Rp 454,040.63	Rp 1,816,162.52
8	Pengisian Tiang Pancang oleh Beton	4	buah		
	Pembetonan	0.756	m <sup>3</sup>	Rp 3,128,789.18	Rp 9,459,413.01
9	Pile Jacket	4	buah		
	Pembetonan	0.363	m <sup>3</sup>	Rp 7,180,099.76	Rp 10,421,310.28
10	Pelat Mooring Dolphin	16	m <sup>2</sup>		
	Pembetonan	16	m <sup>2</sup>	Rp 832,352.30	Rp 13,317,636.87
11	Pembesian				
	Besi Ø16	80	m'	Rp 16,930.69	Rp 1,354,455.14
	Besi Ø29	1560	m'	Rp 55,619.96	Rp 86,767,137.25
12	Bekisting	32	m <sup>2</sup>	Rp 465,220.54	Rp 14,887,057.29
13	Boullard	1	buah	Rp 80,000,000.00	Rp 80,000,000.00
14	Pemasangan Boullard	1	buah	Rp 4,800,000.00	Rp 4,800,000.00
15	Pengadaan dan Pemasangan Tangga	3.8	m'	Rp 250,000.00	Rp 950,000.00
	Total				Rp 1,173,064,482.03
	Total Cost				Rp 7,038,386,892.18

Tabel 8.7 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Breasting Dolphin

No	Uraian Pekerjaan	Volume	satuan	Harga satuan	Total Harga
III	Pekerjaan 1 Breasting Dolphin	2	buah		
1	Steel Pipe Pile Ø1000 mm, t=19mm, kedalaman -23,3m	120	m'	Rp 8,981,494.85	Rp 1,077,779,381.76
2	Transportasi ke lokasi dan positioning	120	m'	Rp 120,000.00	Rp 14,400,000.00
3	Pengadaan dan Pemasangan Sepatu Tiang	5	buah	Rp 2,282,514.74	Rp 11,412,573.72
4	Pemancangan				
	Tegak	72	m'	Rp 479,157.80	Rp 34,499,361.25
	Miring	48	m'	Rp 576,677.99	Rp 27,680,543.32
5	Penyambungan Tiang Pancang	5	buah	Rp 485,968.14	Rp 2,429,840.72
6	Pemotongan Tiang Pancang (1 tiang 1 kali potong)	5	buah	Rp 454,040.63	Rp 2,270,203.15
7	Pengisian Tiang Pancang oleh Beton	5	buah		
	Pembetonan	0.756	m <sup>3</sup>	Rp 3,128,789.18	Rp 11,824,266.27
8	Pile Jacket	5	buah		
	Pembetonan	0.363	m <sup>3</sup>	Rp 7,180,099.76	Rp 13,026,637.85
9	Pelat Breasting Dolphin	36	m <sup>2</sup>		
	Pembetonan	43.2	m <sup>2</sup>	Rp 832,352.30	Rp 35,957,619.56
10	Pembesian				
	Besi Ø16	96	m'	Rp 16,930.69	Rp 1,625,346.17
	Besi Ø29	1612.8	m'	Rp 55,619.96	Rp 89,703,871.13
11	Bekisting	64.8	m <sup>2</sup>	Rp 465,220.54	Rp 30,146,291.01
12	Pengadaan Fender SCN 700 – E2.3	1	buah	Rp 113,514,000.00	Rp 113,514,000.00
13	Pemasangan Fender	1	buah	Rp 28,500,000.00	Rp 28,500,000.00
	Total				Rp 1,494,769,935.92
	Total Cost				Rp 2,989,539,871.84

Tabel 8.8 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Unloading Platform

No	Uraian Pekerjaan	Volume	satuan	Harga satuan	Total Harga
IV	Pekerjaan Unloading platform				
1	Steel Pipe Pile Ø1200 mm, t=19mm, kedalaman -23,3 m	360	m'	Rp 10,797,318.81	Rp 3,887,034,770.30
2	Transportasi ke lokasi dan positioning	360	m'	Rp 120,000.00	Rp 43,200,000.00
3	Pengadaan dan Pemasangan Sepatu Tiang	15	buah	Rp 2,282,514.74	Rp 34,237,721.16
4	Pemancangan	360	m'	Rp 479,157.80	Rp 172,496,806.27
5	Penyambungan Tiang Pancang	15	buah	Rp 485,968.14	Rp 7,289,522.16
6	Pemotongan Tiang Pancang (1 tiang 1 kali potong)	15	buah	Rp 454,040.63	Rp 6,810,609.46
7	Pengisian Tiang Pancang oleh Beton	15	buah		
	Pembetonan	1.095	m <sup>3</sup>	Rp 3,128,789.18	Rp 51,411,140.24
8	Pile jacket	15	buah		
	Pembetonan	0.432	m <sup>3</sup>	Rp 7,180,099.76	Rp 46,523,706.60
9	Pile Cap 200 x 200 x 100 cm	15	buah		
	Pembetonan	4	m <sup>3</sup>	Rp 832,352.30	Rp 49,941,138.28
10	Pembesian				
	Besi Ø16	120	m'	Rp 16,930.69	Rp 2,031,682.72
	Besi Ø29	1440	m'	Rp 55,619.96	Rp 80,092,742.08
11	Bekisting	12	m <sup>2</sup>	Rp 465,220.54	Rp 83,739,697.25
12	Bak 50 x 80 cm Memanjang	78	m'		
	Pembetonan	31.2	m <sup>3</sup>	Rp 832,352.30	Rp 25,969,391.90
13	Pembesian				
	Besi Ø16	2028	m'	Rp 16,930.69	Rp 34,335,437.91
	Besi Ø29	780	m'	Rp 55,619.96	Rp 43,383,568.63
14	Bekisting	163.8	m <sup>2</sup>	Rp 465,220.54	Rp 76,203,124.50
15	Bak 50 x 80 cm Melintang	60	m'		
	Pembetonan	24	m <sup>3</sup>	Rp 832,352.30	Rp 19,976,455.31
16	Pembesian				
	Besi Ø16	1270	m'	Rp 16,930.69	Rp 21,501,975.41
	Besi Ø29	360	m'	Rp 55,619.96	Rp 20,023,185.52
17	Bekisting	126	m <sup>2</sup>	Rp 465,220.54	Rp 58,617,788.08
18	Pelat Beton t=30 cm	312	m <sup>2</sup>		
	Pembetonan	93.6	m <sup>3</sup>	Rp 832,352.30	Rp 77,908,175.71
19	Pembesian				
	Besi Ø16	570	m'	Rp 16,930.69	Rp 9,650,492.90
20	Bekisting	334.8	m <sup>2</sup>	Rp 465,220.54	Rp 155,755,836.89
21	Tes Material Beton	1	ls	Rp 10,259,524.99	Rp 10,259,524.99
22	Pembutan Rumah Pompa	20	m <sup>2</sup>	Rp 6,784,914.73	Rp 135,698,294.66
23	Pengadaan dan Pemasangan Marine Loading Arm	2	buah	Rp 1,200,000,000.00	Rp 2,400,000,000.00
24	Pengadaan dan Pemasangan Tower Gangway	1	buah	Rp 900,000,000.00	Rp 900,000,000.00
25	Pengadaan dan Pemasangan Fire Monitor Tower	1	buah	Rp 600,000,000.00	Rp 600,000,000.00
26	Pengadaan dan Pemasangan Jib Crane	1	buah	Rp 1,050,000,000.00	Rp 1,050,000,000.00
27	Pengadaan dan Pemasangan Pipa	38	m'	Rp 20,000,000.00	Rp 760,000,000.00
	Total Cost				Rp 10,864,092,788.93

Tabel 8.9 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Trastle

No	Uraian Pekerjaan	Volume	satuan	Harga satuan	Total Harga
V	Pekerjaan Trastle				
1	Steel Pipe Pile Ø800 mm, t=19mm, kedalaman -23,3 m	192	m'	Rp 7,146,145.90	Rp 1,372,060,012.95
2	Transportasi ke lokasi dan positioning	192	m'	Rp 120,000.00	Rp 23,040,000.00
3	Pengadaan dan Pemasangan Sepatu Tiang	8	buah	Rp 2,282,514.74	Rp 18,260,117.95
4	Pemancangan	192	m'	Rp 479,157.80	Rp 91,998,296.68
5	Penyambungan Tiang Pancang	8	buah	Rp 485,968.14	Rp 3,887,745.15
6	Pemotongan Tiang Pancang	8	buah	Rp 454,040.63	Rp 3,632,325.05
7	Pengisian Tiang Pancang oleh Beton	8	buah		
	Pembetonan	0.479	m <sup>3</sup>	Rp 3,128,789.18	Rp 11,991,078.24
8	Pile Jacket	8	buah		
	Pembetonan	0.294	m <sup>3</sup>	Rp 7,180,099.76	Rp 16,872,597.59
9	Pile Cap Tunggai 150 x 150 x 100 cm	8	buah		
	Pembetonan	2.25	m <sup>3</sup>	Rp 832,352.30	Rp 14,982,341.48
10	Pembesian				
	Besi Ø16	48	m'	Rp 16,930.69	Rp 812,673.09
	Besi Ø29	320	m'	Rp 55,619.96	Rp 17,798,387.13
11	Bekisting	8.25	m <sup>2</sup>	Rp 465,220.54	Rp 30,704,555.66
12	Balok 30 x 60 cm Memanjang	48	m'		
	Pembetonan	8.64	m <sup>3</sup>	Rp 832,352.30	Rp 7,191,523.91
13	Pembesian				
	Besi Ø16	684	m'	Rp 16,930.69	Rp 11,580,591.48
	Besi Ø29	240	m'	Rp 55,619.96	Rp 13,348,790.35
14	Bekisting	72	m <sup>2</sup>	Rp 465,220.54	Rp 33,495,878.90
15	Balok 30 x 60 cm Melintang	16	m'		
	Pembetonan	2.88	m <sup>3</sup>	Rp 832,352.30	Rp 2,397,174.64
16	Pembesian				
	Besi Ø16	104	m'	Rp 16,930.69	Rp 1,760,791.69
	Besi Ø29	80	m'	Rp 55,619.96	Rp 4,449,596.78
17	Bekisting	92.16	m <sup>2</sup>	Rp 465,220.54	Rp 42,874,724.99
18	Pelat Beton t=20 cm	96	m <sup>2</sup>		
	Pembetonan	19.2	m <sup>3</sup>	Rp 832,352.30	Rp 15,981,164.25
19	Pembesian				
	Besi Ø16	136	m'	Rp 16,930.69	Rp 2,302,573.75
20	Bekisting	107.2	m <sup>2</sup>	Rp 465,220.54	Rp 49,871,641.92
21	Pengadaan dan Pemasangan Pipa	24	m'	Rp 20,000,000.00	Rp 480,000,000.00
22	Pengadaan dan Pemasangan Tangga	3.8	m'	Rp 250,000.00	Rp 950,000.00
				Total Cost	Rp 2,272,244,583.63

Tabel 8.10 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Catwalk

No	Uraian Pekerjaan	Volume	satuan	Harga satuan	Total Harga
VI	Pekerjaan Catwalk				
1	Catwalk	73.48	ton	Rp 16,546.06	Rp 1,215,804,529.95
2	Transportasi dan Positioning Catwalk	73.48	ton	Rp 1,517,313.07	Rp 111,492,164.53
3	Dudukan Catwalk	16	buah	Rp 720,197.31	Rp 11,523,156.99
4	Pemasangan Railing	73.48	m'	Rp 245,365.55	Rp 18,029,460.76
5	Steel Pipe Pile Ø1000 mm, t=19mm, kedalaman -23,2 m	48	m'	Rp 8,981,494.85	Rp 431,111,752.70
6	Transportasi ke lokasi dan positioning pancang	48	m'	Rp 120,000.00	Rp 5,760,000.00
7	Pengadaan dan pemasangan sepatu tiang	2	buah	Rp 2,282,514.74	Rp 4,565,029.49
8	Pemancangan	48	m'	Rp 479,157.80	Rp 22,999,574.17
9	Penyambungan tiang pancang ( 1tiang 1 sambungan)	2	buah	Rp 485,968.14	Rp 971,936.29
10	Pemotongan tiang pancang (1 tiang 1 kali potong)	2	buah	Rp 454,040.63	Rp 908,081.26
11	Pengisian tiang pancang oleh beton	2	buah		
	Pembetonan	0.756	m3	Rp 3,128,789.18	Rp 4,729,706.51
12	Pile jacket	2			
	Pembetonan	0.363	m3	Rp 7,180,099.76	Rp 5,210,655.14
13	Pile cap tunggal 200 x 200 x 100 cm	2			
	Pembetonan	4	m3	Rp 832,352.30	Rp 6,658,818.44
14	Pembesian				
	Besi Ø16	16	m'	Rp 16,930.69	Rp 270,891.03
	Besi Ø29	48	m'	Rp 55,619.96	Rp 2,669,758.07
15	Bekisting	12	m <sup>2</sup>	Rp 465,220.54	Rp 11,165,292.97
	Total Cost				Rp 1,853,870,808.29

### 8.5 Rekapitulasi Harga

Rekapitulasi harga adalah hasil dari penjumlahan dari setiap pekerjaan ditambah Pajak Pertambahan Nilai (PPN) sebesar 10%. Hasil rekapitulasi dapat dilihat pada tabel 8.11

Tabel 8.11 Rekapitulasi Harga Pembangunan Jetty Muatan Aspal

No	Uraian Pekerjaan	Harga Pekerjaan
I	Pekerjaan Persiapan	Rp 1,550,000,000.00
II	Pekerjaan Mooring Dolphin	Rp 7,038,386,892.18
III	Pekerjaan Breasting Dolphin	Rp 2,989,539,871.84
IV	Pekerjaan Unloading platform Dolphin	Rp 10,864,092,788.93
V	Pekerjaan Trastle	Rp 2,272,244,583.63
VI	Pekerjaan Catwalk	Rp 1,853,870,808.29
	<b>TOTAL</b>	Rp 26,568,134,944.87
	<b>PPN 10%</b>	Rp 2,656,813,494.49
	<b>TOTAL COST</b>	Rp 29,224,948,439.36
	<b>TOTAL COST (dibulatkan)</b>	Rp 29,225,000,000.00

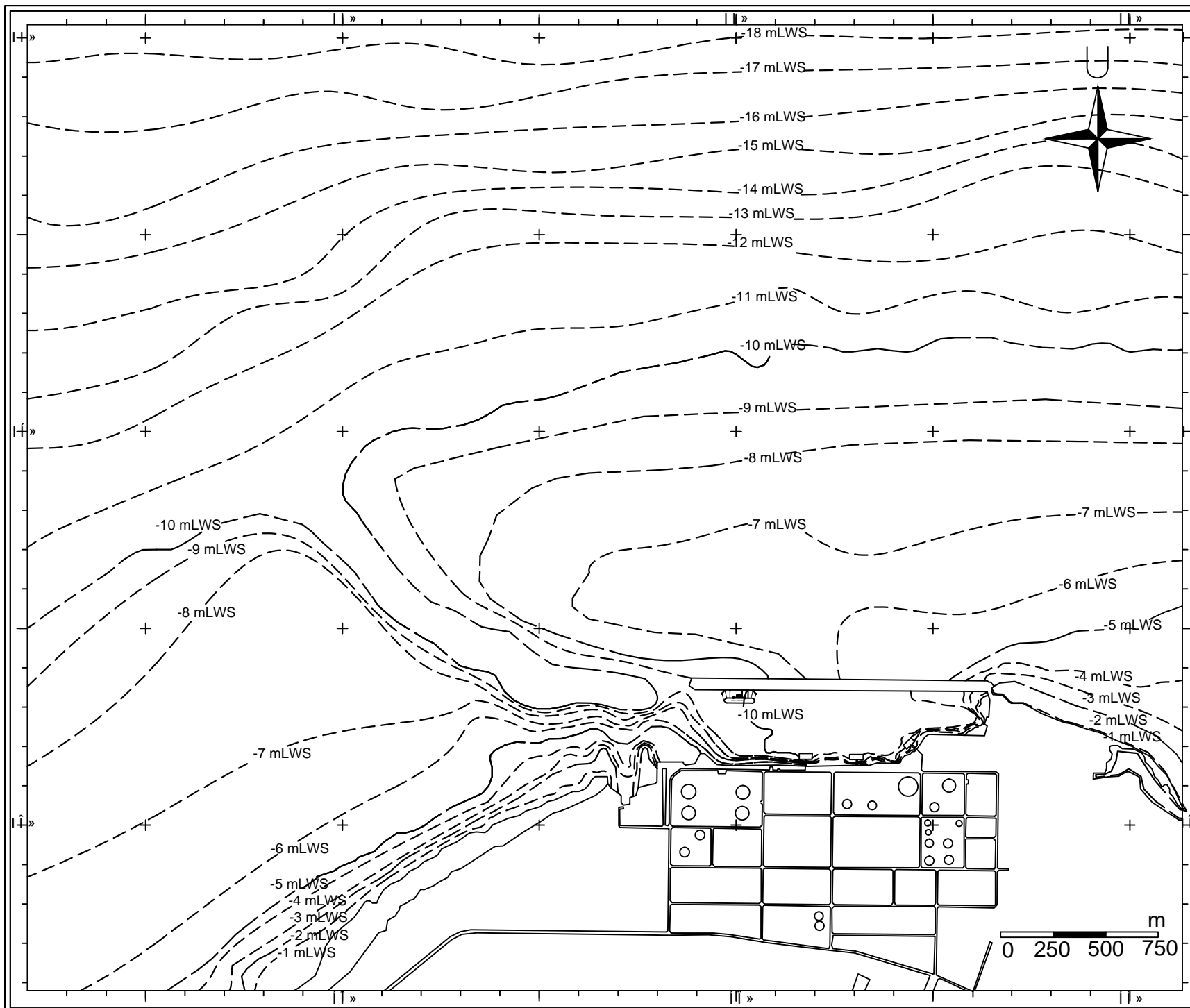
Terbilang:

**Dua puluh sembilan milyar dua ratus dua puluh lima juta rupiah.**

Anggaran biaya akhir untuk proyek pembangunan jetty untuk kapal 12.000 DWT muatan aspal di kabupaten tuban yang telah dianalisa diatas belum termasuk pekerjaan pengerukan. Maka didapat biaya per meter persegi dengan luas jetty 576 m<sup>2</sup> didapat sebesar Rp 50.800.000,00 (*Lima puluh juta delapan ratus ribu rupiah*).



*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA  
2016

## JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahaya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

## MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

## NAMA GAMBAR

Peta Bathymatri Pelabuhan Di  
Kabupaten Tuban

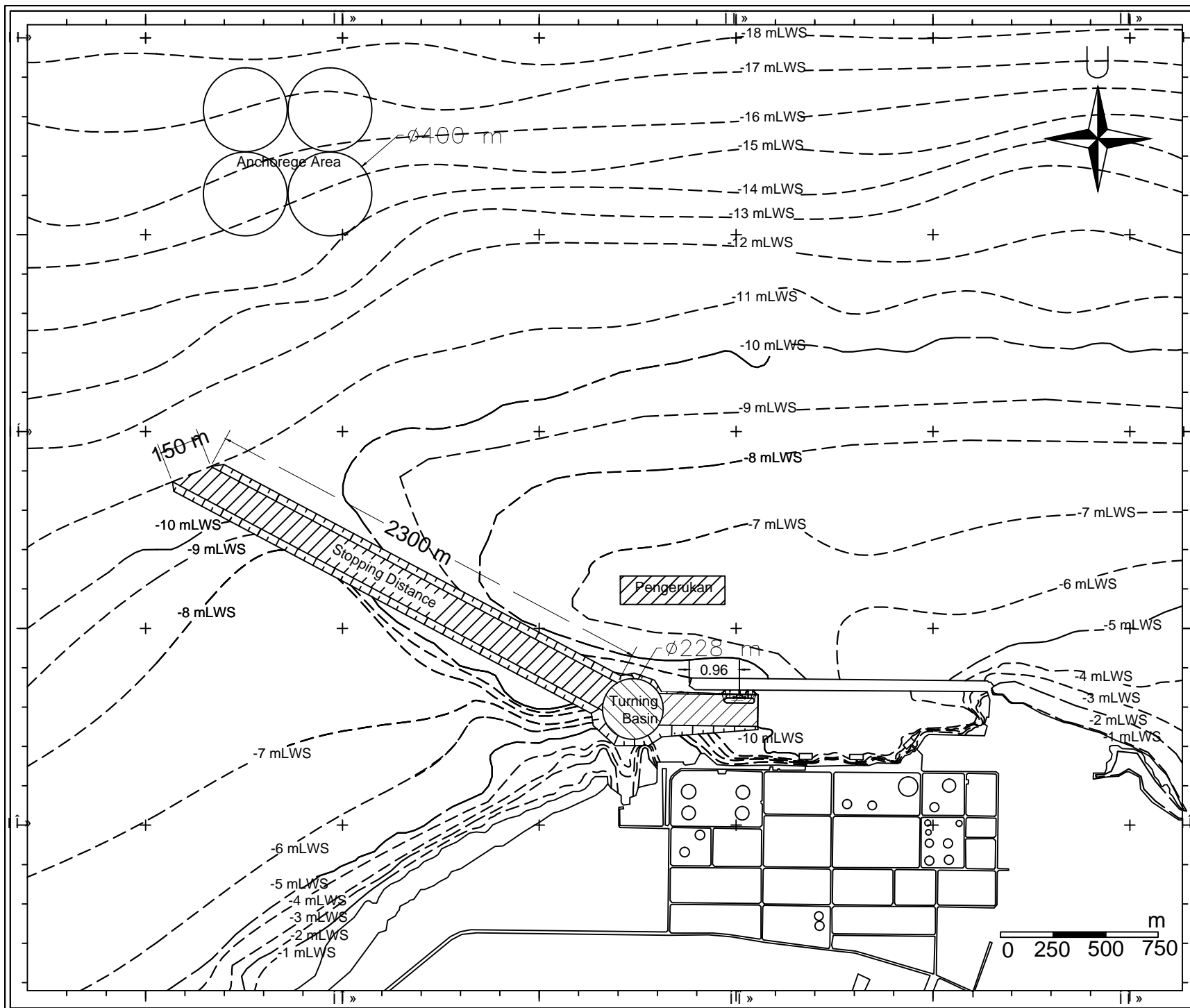
## NO. GAMBAR

01

15

## SKALA

## CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA  
2016

## JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahaya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

## MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

## NAMA GAMBAR

Alur Pelayaran Pelabuhan Di Kabupaten  
Tuban

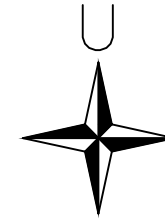
## NO. GAMBAR

02

15

## SKALA

## CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA  
2016

### JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

### DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahaya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

### MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

### NAMA GAMBAR

Layout Jetty

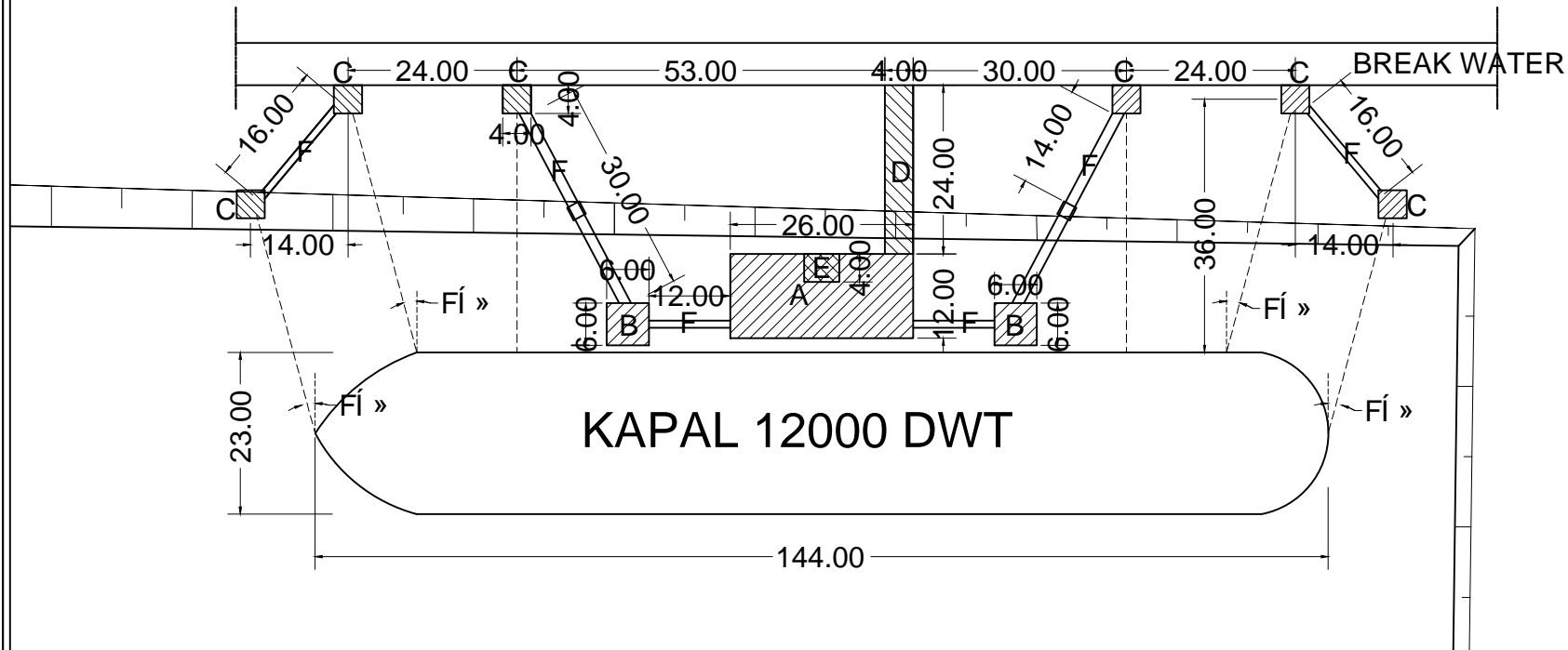
### NO. GAMBAR

03




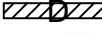

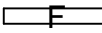
15

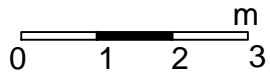
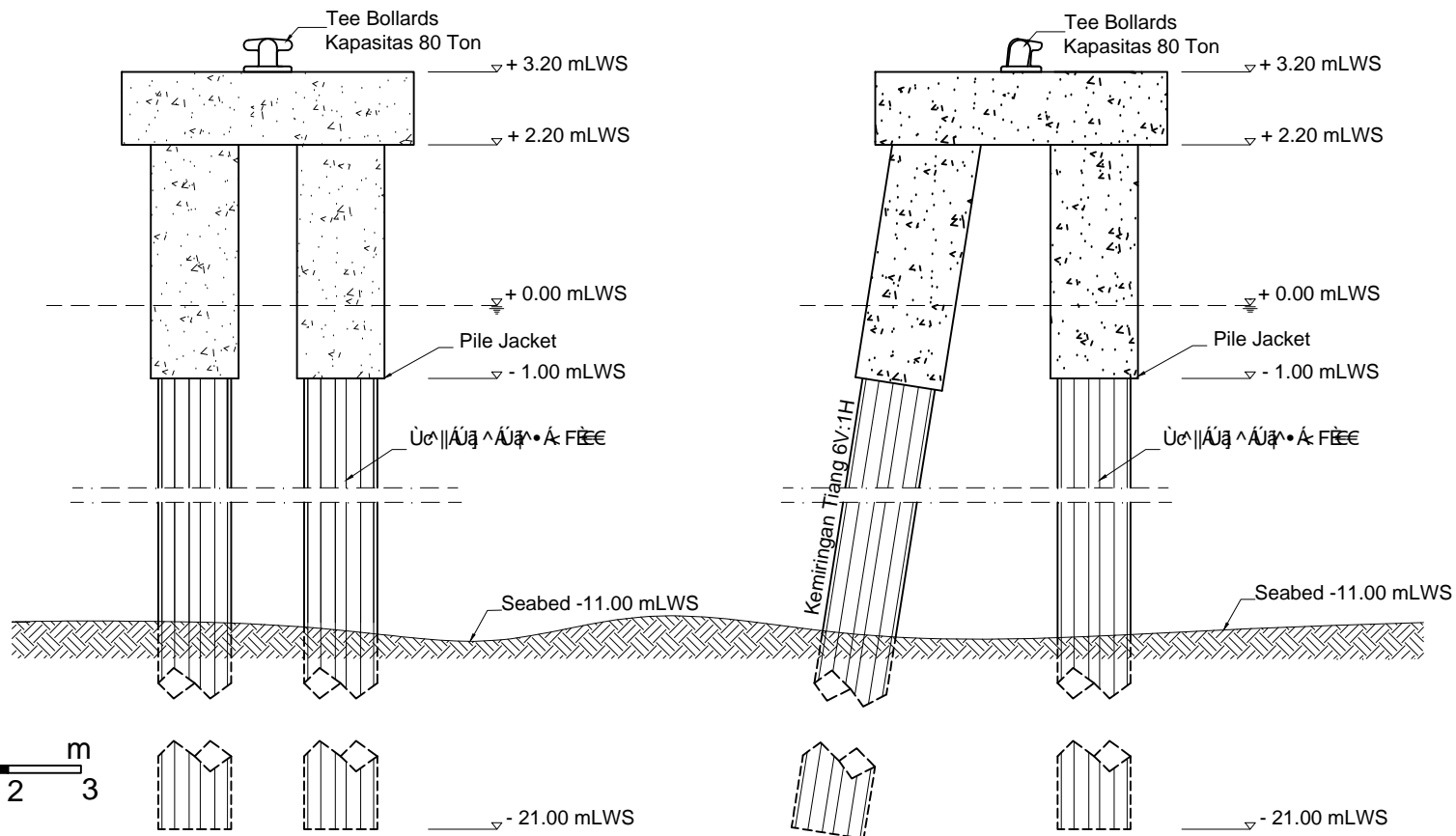
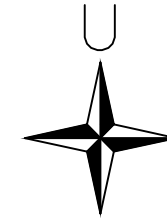
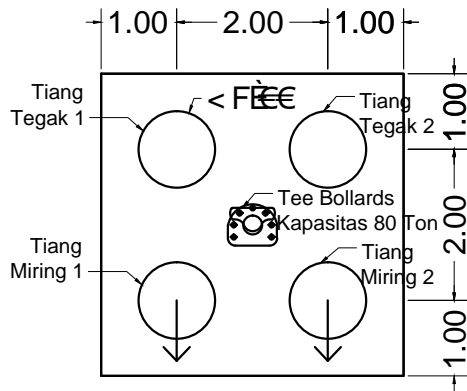
### SKALA

### CATATAN



### LEGENDA

-  = Loading Platform
-  = Breasting Dolphin
-  = Mooring Dolphin
-  = Trestle
-  = Rumah Pompa
-  = Catwalk



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA  
2016

## JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

## MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

## NAMA GAMBAR

Mooring Dolphin

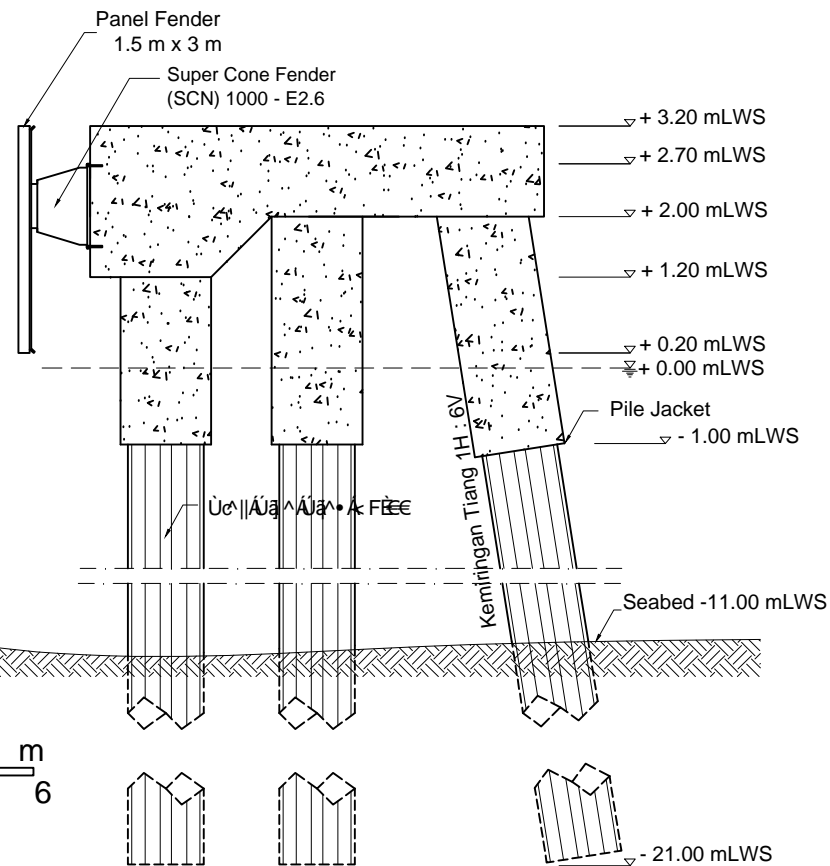
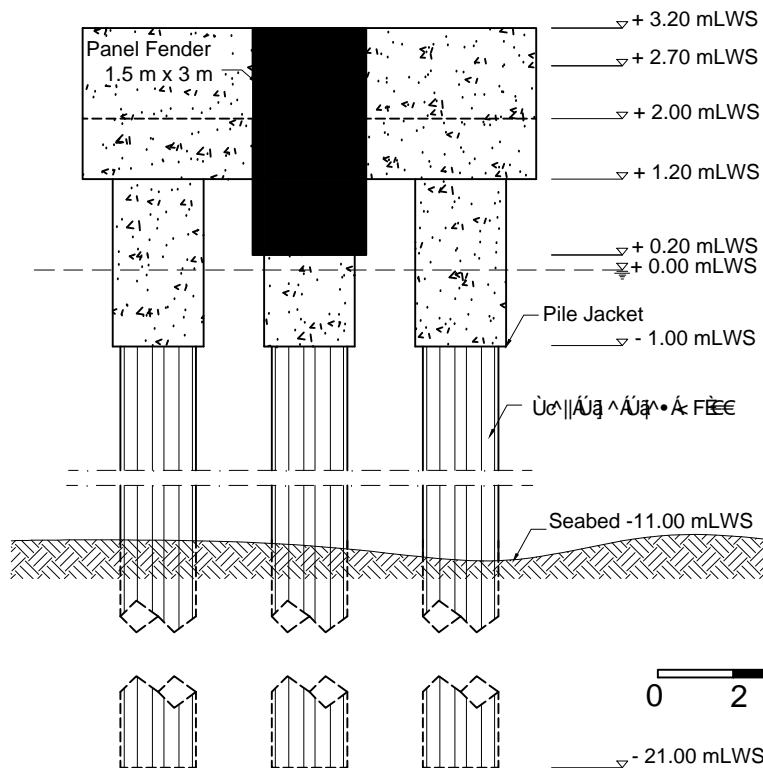
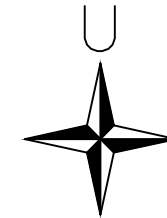
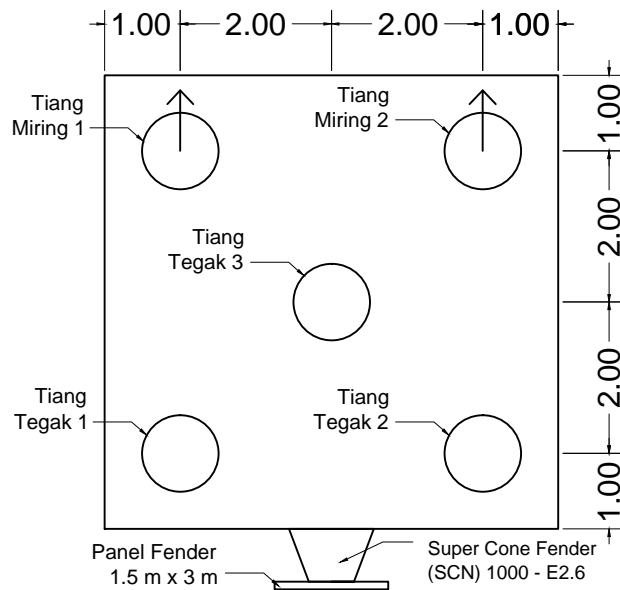
## NO. GAMBAR

04

15

## SKALA

## CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA  
2016

## JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahaya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

## MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

## NAMA GAMBAR

Breasting Dolphin

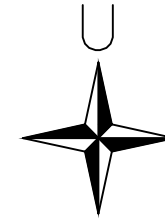
## NO. GAMBAR

05

15

## SKALA

## CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA  
2016

## JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahaya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

## MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

## NAMA GAMBAR

Detail penulangan Mooring Dolphin dan  
Breasting Dolphin

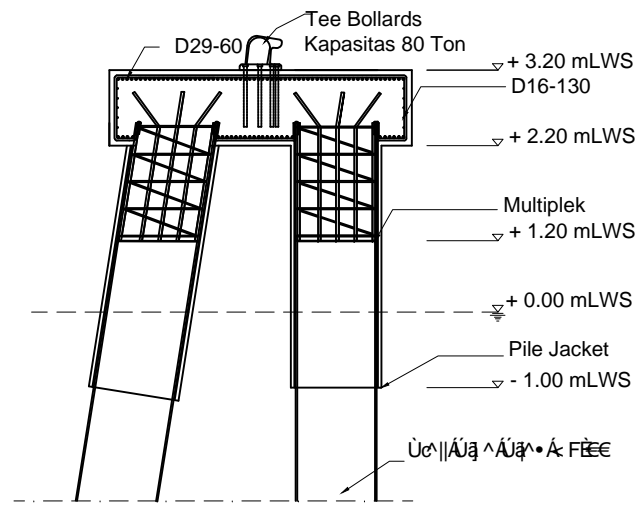
## NO. GAMBAR

06

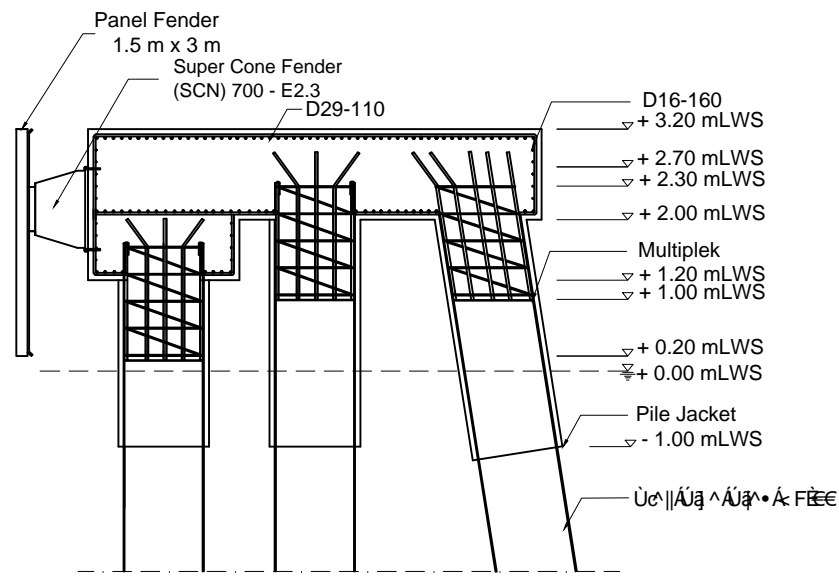
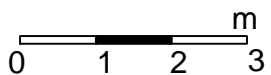
15

## SKALA

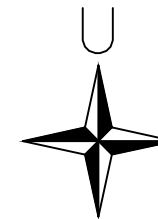
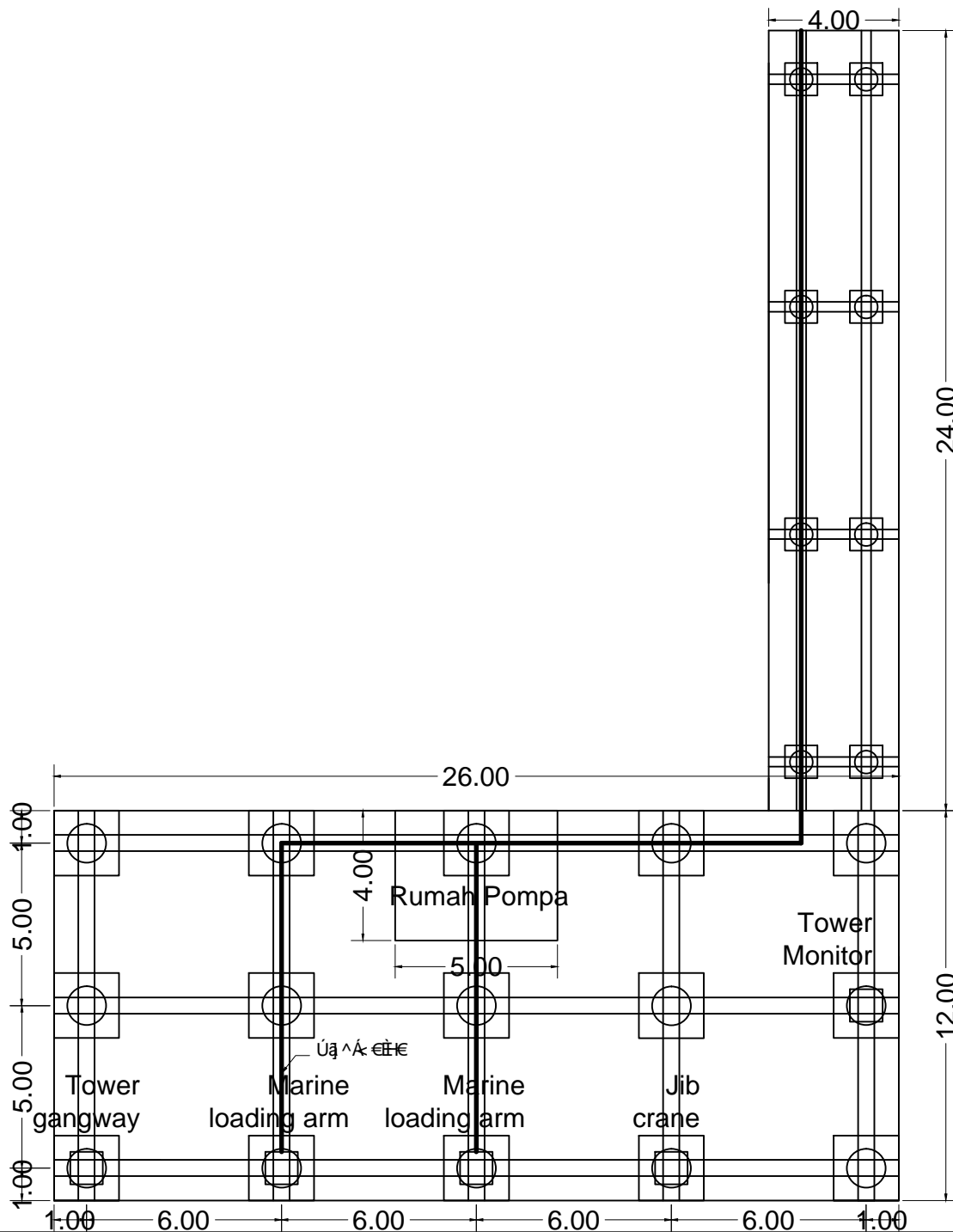
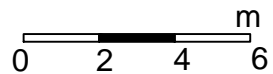
## CATATAN



DETAIL TULANGAN MOORING



DETAIL TULANGAN BREASTING



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA  
2016

## JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

## MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

## NAMA GAMBAR

Denah Unloading Platform dan Trestle

## NO. GAMBAR

07

15

## SKALA

## CATATAN



Uraian Struktur

Pelat Beton t=0.2 m

Balok Melintang 0.3 x 0.6 m

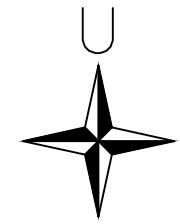
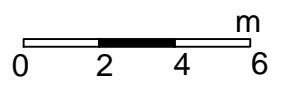
Balok Memanjang 0.3 x 0.6 m

Balok Memanjang 0.5 x 0.8 m

Stell Pipe Piles  
< 100

Poer Tunggal  
2 x 2 x 1 m

Pelat Beton t=0.3 m



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA  
2016

### JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

### DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

### MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

### NAMA GAMBAR

Denah Pembalokan Unloading Platform  
dan Trestle

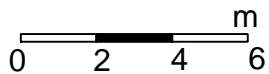
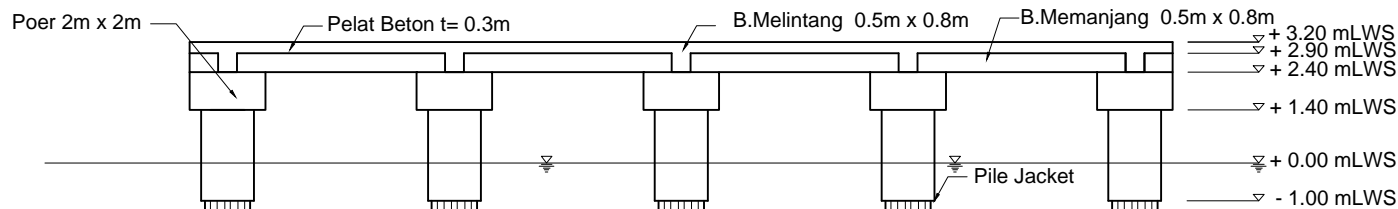
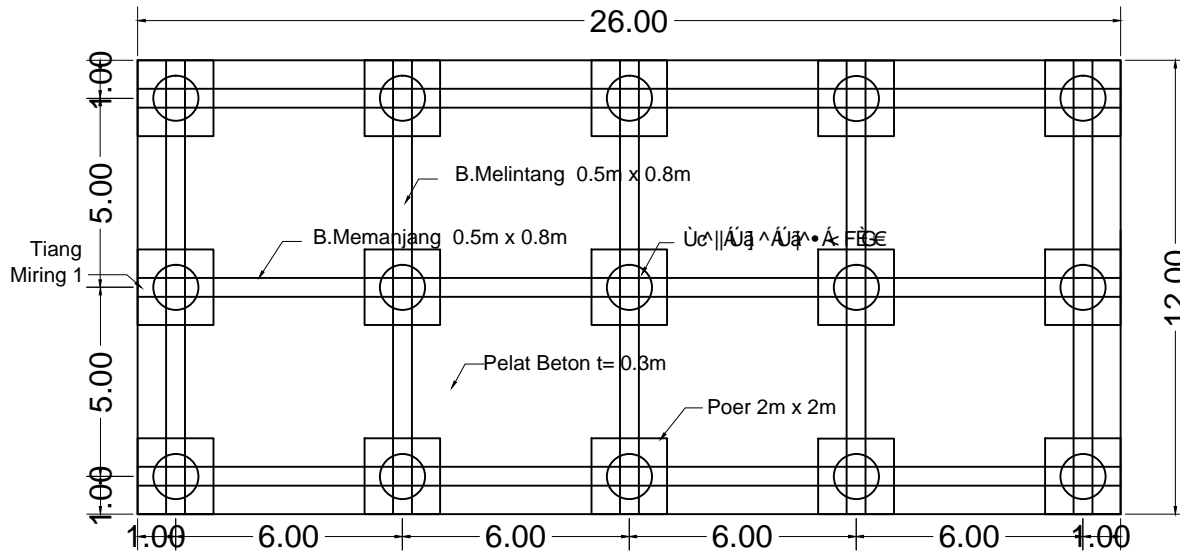
### NO. GAMBAR

08

15

### SKALA

### CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA  
2016

## JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahaya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

## MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

## NAMA GAMBAR

Layout dan Potongan Memanjang  
Unloading Platform

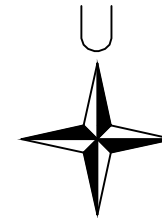
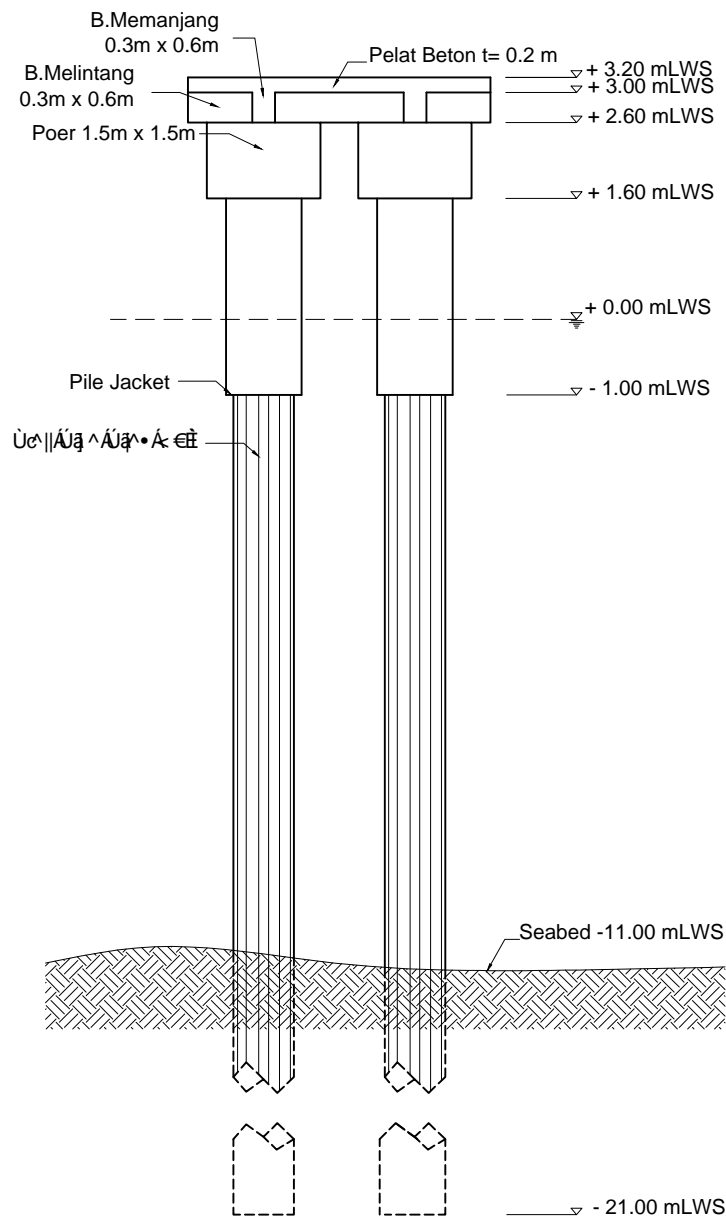
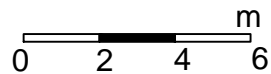
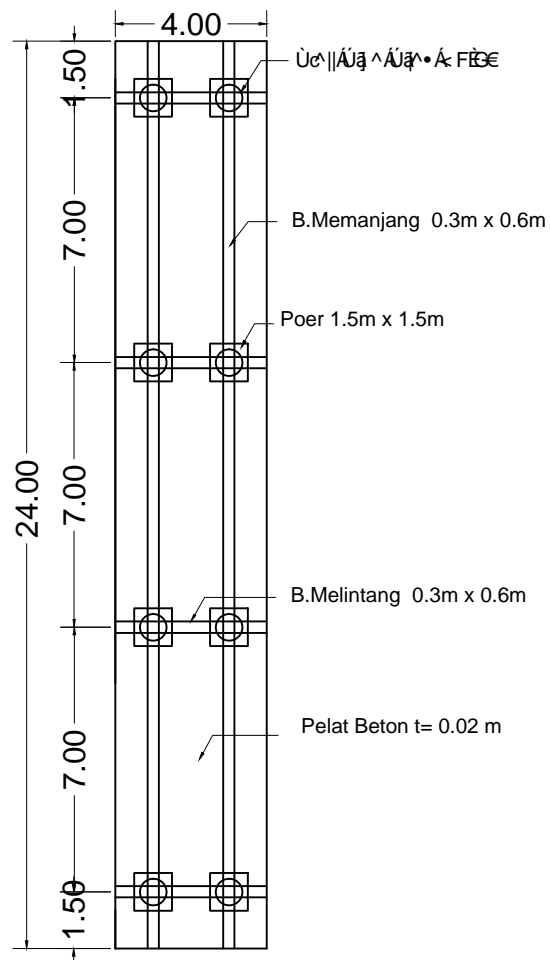
## NO. GAMBAR

09

15

## SKALA

## CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA  
2016

## JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahaya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

## MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

## NAMA GAMBAR

Layout dan Potongan melintang Trestle

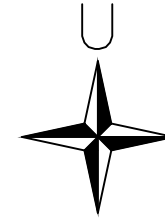
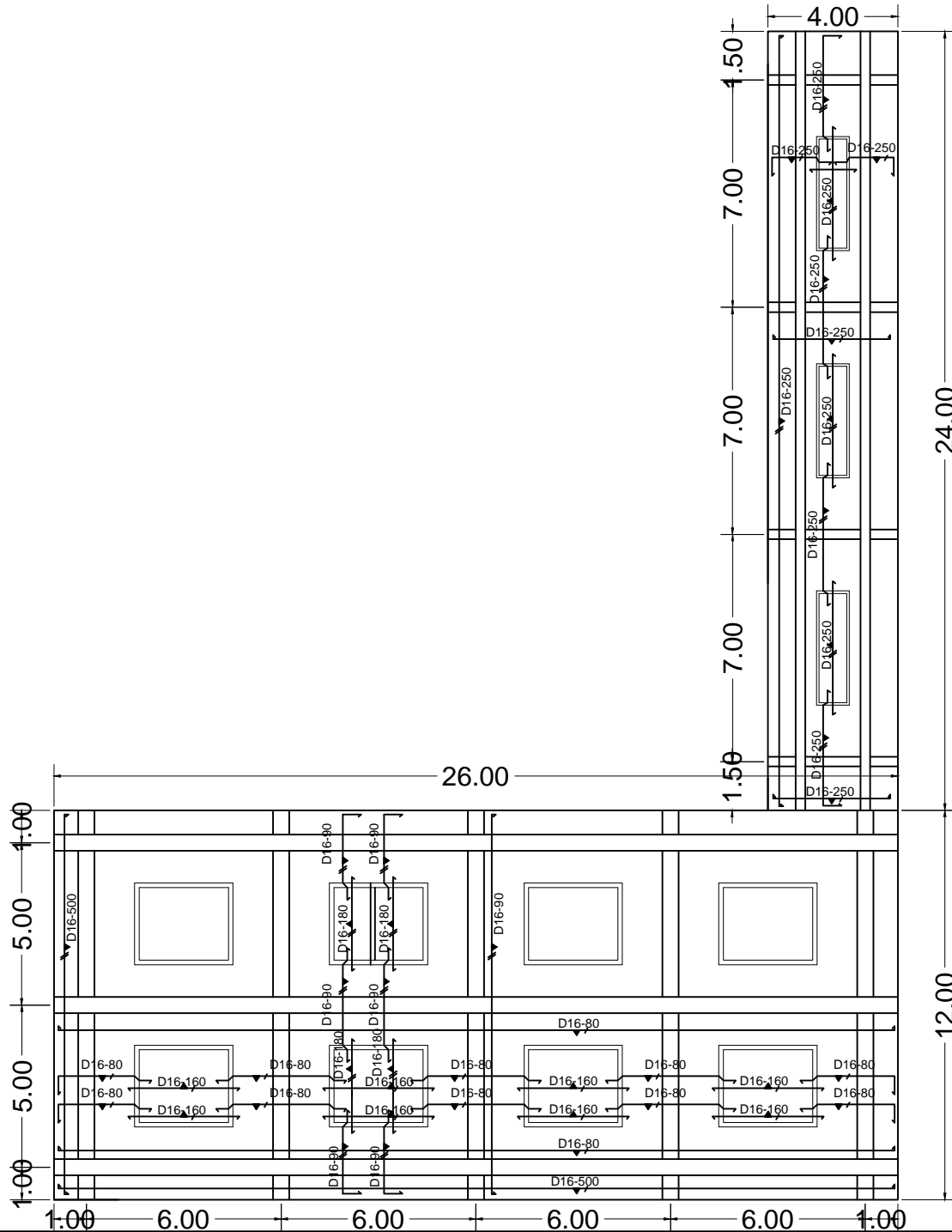
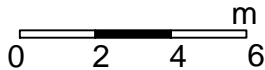
## NO. GAMBAR

10

15

## SKALA

## CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA  
2016

## JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

## MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

## NAMA GAMBAR

Penulangan Pelat Unloading dan Trastle

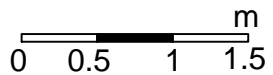
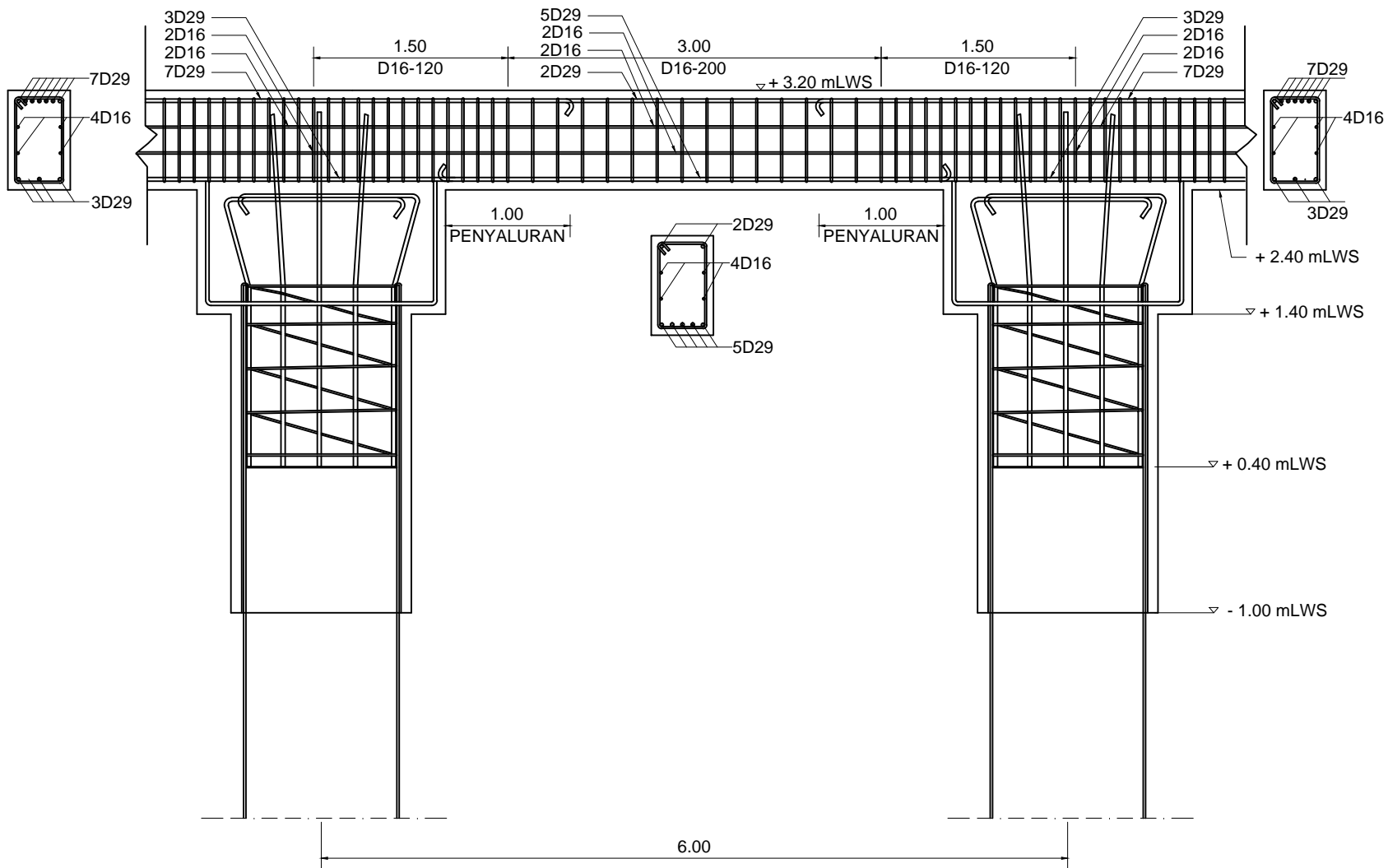
## NO. GAMBAR

11

15

## SKALA

## CATATAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA  
2016

## JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahaya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

## MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

## NAMA GAMBAR

Detail Penulangan Balok Unloading

## NO. GAMBAR

12

15

## SKALA

## CATATAN



## JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

## MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

## NAMA GAMBAR

Rekapitulasi Tulangan Balok Unloading  
dan Trestle

## NO. GAMBAR

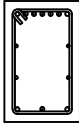
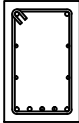
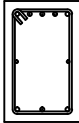
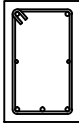




14

15

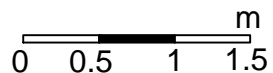
## SKALA

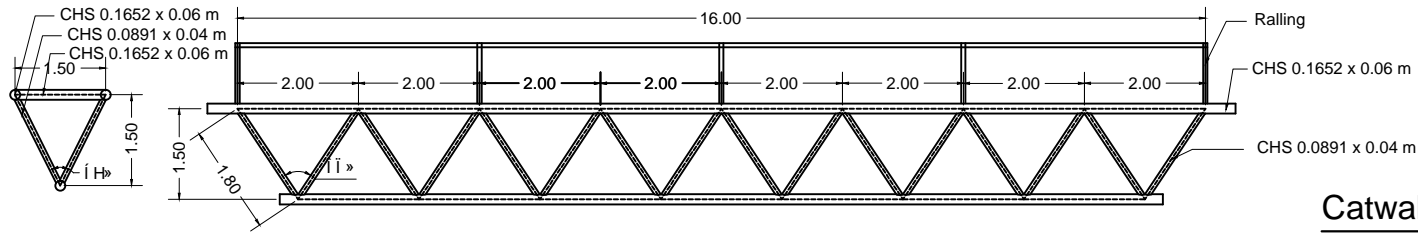
## CATATAN

### TABEL DETAIL PENULANGAN BALOK MEMANJANG & MELINTANG

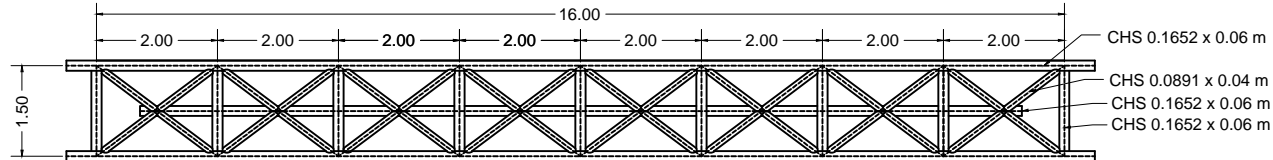
Type	UNLOADING				TRESTLE			
	B. MEMANJANG		B.MELINTANG		B. MEMANJANG		B.MELINTANG	
Kode	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
DETAIL BALOK								
Dimensi Balok	500x800 (L = 6m)		500x800 (L = 5m)		300 x 600 (L = 7m)		300 x 600 (L = 2m)	
Tulangan Atas	7D29	2D29	5D29	2D29	3D29	2D29	2D22	2D22
Tulangan Bawah	3D29	5D29	3D29	3D29	2D29	2D29	2D22	2D22
Tulangan Samping	4D16	4D16	2D16	2D16	2D16	2D16	2D16	2D16
Tulangan Sengkang	2D16-120	2D16-200	2D16-140	2D16-300	2D16-190	2D16-230	2D16-400	2D16-400

## DETAIL TULANGAN BALOK

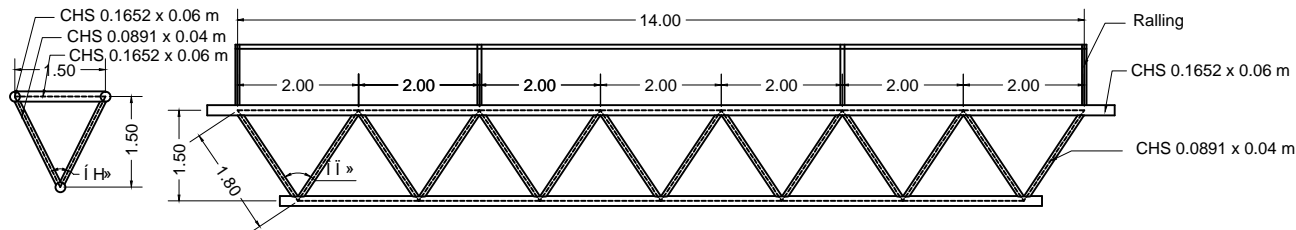




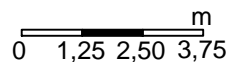
**Catwalk 1 (16m)**



**Catwalk 2 (14m)**



**Catwalk 3 (12m)**



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP - ITS  
SURABAYA  
2016

## JUDUL TUGAS

Perencanaan Jetty Untuk  
Kapal 12.000 DWT  
Muatan Aspal Di  
Kabupaten Tuban

## DOSEN PEMBIMBING

Ir. Dyah Iriani Widiyastuti, MSc  
NIP. 1961121986032002

Cahaya Buana, ST.MT  
NIP. 197209272006041001

## MAHASISWA

Taufik Hidayat  
NRP. 3113106039

## NAMA GAMBAR

Catwalk

## NO. GAMBAR

15

15

## SKALA

## CATATAN



## **BAB IX**

### **KESIMPULAN**

#### **9.1. Umum**

Dalam bab kesimpulan ini menjelaskan hasil dari bab – bab sebelumnya. Berikut kesimpulan yang didapat dalam tugas akhir perencanaan Jetty Untuk Kapal 12.000 DWT Muatan Aspal Di Kabupaten Tuban.

#### **9.2. Kesimpulan**

Berdasarkan pada bab-bab sebelumnya diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Sepesifikasi kapal rencana
  - Dead Weight Tonnage (DWT) : 12.000 DWT
  - Displacement Tonnage : 19.280 Ton
  - Panjang Kapal (LAO) : 144 m
  - Lebar Kapal (B) : 23 m
  - Draft Kapal (d) : 8,94 m
- b. Struktur Jetty yang direncanakan terdiri dari enam Mooring Dolphin, dua Breasting Dolphin, Unloading Platform, Trastle dan tiga jenis Catwalk.
- c. Hasil perhitungan kebutuhan fasilitas perairan yang didapat sebagai berikut:
  - Areal Penjangkaran dengan diameter 400 meter, kedalaman -14 mLWS, dan perairan dalam kondisi baik.
  - Alur Masuk dengan panjang 2300 meter, lebar 150 meter dan kedalaman -11 mLWS.
  - Kolam putar dengan diameter 288 meter, kedalaman -11 mLWS dan kapal dipandu *tugboats*.

- Kolam dermaga dengan Panjang 180 meter, lebar 30 meter, kedalaman -11 mLWS dan berada didepan dermaga.
- d. Struktur Mooring Dolphin pada tugas akhir ini direncanakan cast in situ dengan spesifikasi sebagai berikut:
- Dimensi struktur : 4 m x 4 m
  - Tebal poer : 1 meter
  - Mutu beton : K-350
  - Mutu baja tulangan : U-32
  - Diameter tulangan : D16 Dan D29
  - Penulangan mooring
    - Arah x : D29-60 tulangan utama  
D16-130 tulangan samping
    - Arah y : D29-60 tulangan utama  
D16-130 tulangan samping
  - Jenis boulder : Tee Bollards kapasitas 80 ton
  - Jenis tiang pancang : Tiang pancang baja
  - Dimensi tiang pancang : Ø1000 mm t = 19 mm
  - Kemiringan tiang : 6 : 1
  - Mutu baja tiang : BJ 50
  - Elevasi tanah : -11 mLWS
  - Kedalaman Tiang : -21 mLWS
- e. Struktur Breasting Dolphin pada tugas akhir ini direncanakan cast in situ dengan spesifikasi sebagai berikut:
- Dimensi struktur : 6 m x 6 m
  - Tebal poer : 1,2 meter
  - Mutu beton : K-350
  - Mutu baja tulangan : U-32
  - Diameter tulangan : D16 Dan D29

- Penulangan mooring
  - Arah x : D29-110 tulangan utama  
D16-160 tulangan samping
  - Arah y : D29-110 tulangan utama  
D16-160 tulangan samping
- Tipe fender : SCN 700 – E2.3
- Jenis tiang pancang : Tiang pancang baja
- Dimensi tiang pancang : Ø1000 mm t = 19 mm
- Kemiringan tiang : 6 : 1
- Mutu baja tiang : BJ 50
- Elevasi tanah : -11 mLWS
- Kedalaman Tiang : -21 mLWS

f. Struktur Unloading Platform pada tugas akhir ini direncanakan cast in situ dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Dimensi struktur : 26 m x 12 m
- Tebal pelat : 30 cm
- Diameter tulangan : D16
- Penulangan pelat

Pelat A

	Tumpuan	Lapangan
Arah X	D16-80	D16-160
Arah Y	D16-90	D16-180

Pelat B

	Tumpuan	Lapangan
Arah X	D16-500	D16-500
Arah Y	D16-180	D16-360

Pelat C

	Tumpuan	Lapangan
Arah X	D16-160	D16-320
Arah Y	D16-500	D16-500

## Pelat D

	Tumpuan	Lapangan
Arah X	D16-500	D16-500
Arah Y	D16-500	D16-500

- Diameter tuangan : D16 Dan D29
- Dimensi balok memanjang : 50 cm x 80 cm
- Penulangan

		Utama	Samping	Sengkang
Tumpuan	Atas	7D29	4D16	D16-120
	Bawah	3D29		
Lapangan	Atas	2D29	2D16	D16-200
	Bawah	5D29		

- Dimensi balok melintang : 50 cm x 80 cm
- Penulangan

		Utama	Samping	Sengkang
Tumpuan	Atas	7D29	4D16	D16-120
	Bawah	3D29		
Lapangan	Atas	2D29	2D16	D16-200
	Bawah	5D29		

- Diameter tulangan : D16 Dan D29
- Dimensi poer : 2 m x 2 m x 1 m
- Tumpuan : 3D29
- Lapangan : 3D29
- Tulangan samping : 2D16
- Mutu beton : K-350
- Mutu baja : U-32
- Jenis tiang pancang : Tiang pancang baja
- Dimensi tiang pancang : Ø1200 mm t = 19 mm
- Mutu baja tiang : BJ 50
- Elevasi tanah : -11 mLWS
- Kedalaman Tiang : -21 mLWS

- g. Struktur Trastle pada tugas akhir ini direncanakan cast in situ dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Dimensi struktur : 24 m x 4 m
- Tebal pelat : 20 cm
- Diameter tulangan : D16
- Penulangan pelat

Pelat A

	Tumpuan	Lapangan
Arah X	D16-250	D16-250
Arah Y	D16-250	D16-250

Pelat B

	Tumpuan	Lapangan
Arah X	D16-250	D16-250
Arah Y	D16-250	D16-250

Pelat C

	Tumpuan	Lapangan
Arah X	D16-250	D16-250
Arah Y	D16-250	D16-250

Pelat D

	Tumpuan	Lapangan
Arah X	D16-250	D16-250
Arah Y	D16-250	D16-250

- Diameter tuangan : D16 Dan D29
- Dimensi balok memanjang : 30 cm x 60 cm
- Penulangan

		Utama	Samping	Senggang
Tumpuan	Atas	3D29	2D16	D16-190
	Bawah	2D29		
Lapangan	Atas	2D29	2D16	D16-230
	Bawah	2D29		

- Dimensi balok melintang : 30 cm x 60 cm
- Penulangan

		Utama	Samping	Senggang
Tumpuan	Atas	2D29	2D16	D16-300
	Bawah	2D29		
Lapangan	Atas	2D29	2D16	D16-230
	Bawah	2D29		

- Dimensi poer : 1,5 m x 1,5 m x 1 m
- Diameter tulangan : D16 Dan D29
- Tumpuan : 2D29
- Lapangan : 2D29
- Tulangan samping : D16
- Mutu beton : K-350
- Mutu baja tulangan : U-32
- Jenis tiang pancang : Tiang pancang baja
- Dimensi tiang pancang : Ø800 mm t = 19 mm
- Mutu baja tiang : BJ 50
- Elevasi tanah : -11 mLWS
- Kedalaman Tiang : -21 mLWS

h. Struktur Catwalk pada tugas akhir ini direncanakan menggunakan *Circular Hollow section* dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Bentang struktur catwalk
  - Catwalk 1 : 16 meter
  - Catwalk 2 : 30 meter
  - Catwalk 3 : 12 meter
- Lebar : 1,5 m
- Jarak antar balok melintang : 2 m
- Tinggi : 1,5 m
- *Outside diameter* (D) balok utama : 168,3 mm
- *Outside diameter* (D) kerangka utama : 89,1 mm
- Mutu baja : BJ 41
- Tebal poer : 1,2 meter

- Diameter tulangan : D16 Dan D29
- Tumpuan : 2D29
- Lapangan : 2D29
- Tulangan samping : 2D16
- Mutu beton : K-350
- Mutu baja : U-32
- Jenis tiang pancang : Tiang pancang baja
- Dimensi tiang pancang : Ø1000 mm t = 19 mm
- Mutu baja tiang : BJ 50
- Elevasi tanah : -11 mLWS
- Kedalaman Tiang : -21 mLWS

- i. Rencana anggaran biaya yang diperlukan dalam pembangunan proyek **Jetty Untuk Kapal 12.000 DWT Muatan Aspal Di Kabupaten Tuban** sebesar:

*Rp.29.225.000.000,00 (Dua puluh sembilan milyar dua ratus dua puluh lima juta rupiah). (\*)*

\*Biaya tersebut belum termasuk biaya pekerjaan pengerukan

Maka didapat biaya per meter persegi dengan luas jetty 576 m<sup>2</sup> sebesar Rp 50.800.000,00 (*Lima puluh juta delapan ratus ribu rupiah*).

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*



## DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction Inc. 2000. **Load and Resistance Factor Design Specification for Steel Hollow Structural Sections**. United State of America
- CERC. 1984. **Shore Protection Manual**. US Army Coastal Engineering Research Center. Washington.
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jendral Cipta Karya. 1971. **Peraturan Beton Indonesia 1971**. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung.
- Japan Port and Harbour Association. 2002. **Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan**. Daicousa Printing, Japan
- Mentri Perhubungan Republik Indonesia. 2014. **Peraturan Mentri Perhubungan Republik Indonesia Nomer PM. 78 tahun 2014**. Jakarta
- Standar Nasional Indonesia. 2012. **SNI-03 1726 2012 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung**. Bandung
- Thoresen, Carl A. 2014. **Port designer's handbook**. Thomas Telford. British
- Wahyudi, Herman. 2013. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS. Surabaya
- Wangsadinata, wiratman. 1971. **Perhitungan Lentur dengan Cara “n” Disesuaikan kepada Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971**.
- Widyastuti, Dyah Iriani. 2000. **Diktat Pelabuhan**. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS. Surabaya

## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Cirebon 28 Januari 1992, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Pradana, SDN Keramat III Kota Cirebon, SMP N 5 Cirebon dan SMA N 5 Cirebon. Setelah lulus SMA pada tahun 2010 penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung, program studi teknik konstruksi gedung. Selama berkuliah di Politeknik Negeri Bandung penulis aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung. Pada Januari 2013 penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Sipil ITS dan terdaftar dengan NRP : 3113106039. Alamat Email : [taufik\\_hidayatcivil@ymail.com](mailto:taufik_hidayatcivil@ymail.com)